N° 15 15 NOVEMBRE 1937

# Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : L. OLIVIER (1890-1910).
DIRECTEURS : J.-P. LANGLOIS (1910-1923), L. MANGIN (1924-1937).

DIRECTEUR :
R. ANTHONY, Professeur au Muséum national d'Histoire Naturelle.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Docteur Gaston DOIN, 8, place de l'Odéon, Paris.


## CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

### § 1. — Philosophie des Sciences.

#### Le langage scientifique.

Il est assez rare que les hommes de science réfléchissent à leur manière de s'exprimer, plus rare encore qu'ils communiquent les réflexions éventuellement faites par eux sur ce sujet. Aussi quand l'un d'eux [1], voulant tenter de « constituer en science » l'esthétique [2], propose une définition nouvelle du langage des sciences, cela doit-il attirer l'attention.

On ne considérera pas ici la tentative spéciale de l'auteur, mais bien la question générale, préliminaire d'après lui-même, du langage.

On pourrait craindre — ou espérer — qu'il attache aux questions de mots une importance excessive — ou seulement extrême. Dès le début, il dit que : les crises des disciplines se constituant en sciences « dépendent d'un problème d'ordre linguistique... Ce qui engendre la réaction, très vive et se poursuivant toujours de la même manière, c'est qu'on veut changer les mots ». Mais on s'aperçoit très vite qu'à leur sujet, très sagement sans doute, il lance seulement de vibrants appels aux philologues. Il renonce explicitement à la distinction entre langue et langage, implicitement à la distinction entre langage des sciences et langage scientifique. Il paraît se désintéresser des mots mais s'intéresser aux phrases. Celles-ci, dit-il, admettent ou non des équivalentes; si oui, elles sont du langage des sciences; si non, elles n'en sont pas. Il saute aux yeux qu'on n'exige pas, qu'on ne peut pas exiger une équivalence rigoureuse. On ne peut obtenir celle-ci que par des artifices puérils (adjonction à une phrase, pour en obtenir une équivalente, d'une phrase dite « nulle », phrase de deux propositions dont la deuxième contredit la première). On pense aux transpositions de mots comme : « bonnet blanc et blanc bonnet » et comme : « me font vos beaux yeux mourir, belle marquise, d'amour ». Mais il y a des transpositions de mots qui ne réussissent pas. L'auteur consacre un paragraphe de son mémoire à l'étude du symbolisme (ce mot entendu dans le sens : emploi des symboles) : « Le symbolisme mathématique n'est qu'un chapitre, d'ailleurs situé au sommet, du langage des sciences ». Pourquoi au sommet? Si l'expression $2 + 3 = 5$ a la même signification dans toutes les langues, les signes ♂ et ♀ ont la même signification dans tous les mémoires de sciences naturelles ou biologiques et dans tous les annuaires astronomiques (même en japonais).

Par contre, la ligne symbolique

$$2 + 3 = 5$$

peut se lire, nous dit-on, par un nombre indéterminé de phrases, appartenant aux langues les plus variées et équivalentes entre elles (donc toutes du langage des sciences). Cependant, il suffit d'écrire les mêmes signes de la manière suivante

$$3 + 2 = 5$$

pour qu'on exige une démonstration que cette nouvelle forme est bien équivalente à la précédente.

---

1. Pius SERVIEN : Le langage des sciences, *Scientia*, avril-mai 1937, pp. 201-209 et 261-272.
2. Il serait plus exact de dire : voulant tenter la « scientification » de l'esthétique, si l'on osait, avec Spearman et quelques écrivains anglais, employer ce néologisme.

Il semble donc que la définition, arbitraire, que donne M. P. Servien du langage des sciences puisse seulement être acceptée pour suivre ses propres exposés et ne puisse être généralisée.

Il y aurait encore beaucoup à dire sur le sujet. Puissent les quelques réflexions qui précèdent avoir souligné l'intérêt puissant des idées de M. Servien et puissent-elles inciter nombre d'hommes de science à étudier ce que pense de leur langage et exprime si bien cet auteur.

Jean DELPHY.

## § 2. — Sciences physiques.

### Rôle d'un circuit self-capacité dans un cas d'électrostatique.

*Application à un montage superréaction.*

Le fonctionnement purement électrostatique de mon oscillateur à lampe attribue à la self-inductance et à la capacité qui la shunte des rôles nouveaux dont l'étude m'a permis d'établir la relation suivante :

$$Q = CV \left[\frac{L}{(S+c)\,r}\right]$$

Quantité d'électricité Q accumulée par un condensateur C recevant le potentiel V à travers la self L shuntée par la capacité S.

*c* représente la capacité répartie de la self et *r* sa résistance ohmique.

Q étant évalué en coulombs, V représente des volts, Cc et S des farads, L des henrys et *r* des ohms.

L'indépendance de la période propre du circuit oscillant LS par rapport à la charge emmagasinée périodiquement par la capacité C permet d'obtenir le phénomène de superréaction dans de très bonnes conditions.

Henry COPIN.

## § 3. — Correspondance.

### Rectification.

Malgré mon vif désir d'éviter ou de prolonger toute polémique personnelle, je me vois obligé de relever diverses allégations récentes de M. Anthony [1] à mon endroit.

1° Bien qu'il en dise (dans son premier alinéa), sans que je fusse nommé, j'étais cité et clairement désigné pour beaucoup de lecteurs, dans sa *Chronique* du 15 mars [2], alors que je n'avais formulé *aucune observation publique* sur les travaux de M. Tissot. J'étais donc fondé à répliquer à cet article et à expliquer quelle avait été mon attitude, M. Anthony ayant soulevé une question d'ordre général, c'est sur ce terrain que je me suis placé. J'estime d'ailleurs inutile de poursuivre cette discussion et je me borne à maintenir tout ce que j'ai précédemment écrit.

2° Mon article, s'il a été inséré seulement dans la *Revue* du 15 juin, lui avait été envoyé le 5 avril. Il m'était donc impossible d'y tenir compte (ce que M. Anthony me reproche de n'avoir pas fait) de l'article de M. Tissot paru dans la *Revue* du 15 avril. D'autre part, il est tout naturel que je me rencontre avec M. Rob. Weill (dont l'intervention en cette affaire a été complètement indépendante de moi), quant à un argument scientifique évident et primordial.

1. *Revue générale des Sciences*, 15 juin 1937, p. 282.
2. *Ibid.*, p. 113, Cf. le paragraphe commençant par les mots : « A la suite de la publication d'un article, etc. »

3° Enfin, M. Anthony, après M. Tissot [3], introduisant dans cette discussion un fait qui y est complètement étranger me reproche sans ménagement une légèreté que je reconnais avoir commise il y a six ans, en transmettant à la Société zoologique une note d'un auteur d'ailleurs très méritant, mais qui reposait sur une erreur dont je ne nie pas la gravité. Cette note n'avait été présentée qu'avec des réserves verbales et le fait n'était signalé par l'auteur que comme une anomalie possible. Je ne songe cependant, ni à nier, ni à diminuer ma responsabilité en l'occurence et, je pourrais certes invoquer, soit la parabole de l'Evangile, soit le proverbe bien connu : il peut arriver à tout le monde de se tromper et l'essentiel est de ne pas s'entêter dans l'erreur, mais de la reconnaître avec bonne grâce. Il est exact que M. Anthony a découvert et redressé cette erreur et qu'il l'a fait d'une façon très correcte. Je me souviens de m'en être expliqué avec lui très amicalement et, en particulier, d'avoir exprimé le regret que l'idée ne me fût pas venue de lui soumettre en temps utile la pièce anatomique que ses travaux habituels lui auraient permis d'identifier. Dans ces conditions, on conviendra que l'incident était clos et je laisse le lecteur juge de la façon dont M. Anthony le fait renaître aujourd'hui.

Je m'excuse d'y revenir, surtout à propos de particularités qui n'ont qu'un intérêt strictement personnel ; mais j'estime ne pouvoir les passer sous silence, vu l'insistance avec laquelle MM. Tissot et Anthony les ont signalées et leur rigoureuse inexactitude. Ils m'attribuent, en effet, d'avoir signé, pour m'en glorifier, une radiographie relative à la note en question. Or, le texte de la note indique formellement l'auteur de la radiographie. Il se trouve que, pour des raisons de commodité d'impression, elle avait été jointe, en une planche hors texte, à d'autres photographies (en partie provenant de moi) relatives à deux autres notes et qui devaient aussi être insérées dans le texte. A la mise en pages et, *sans que je fusse consulté*, mon nom a été indiqué sur la planche comme auteur des photographies (c'est d'ailleurs seulement l'article récent de M. Tissot qui m'a fait m'en apercevoir). Il se trouve que j'avais conservé l'épreuve qui m'avait été communiquée et sur laquelle cette indication ne figure pas. Les commentaires malveillants de MM. Tissot et Anthony tombent donc d'eux mêmes.

Malgré les inconvénients que ce débat a entraînés pour moi, je ne regrette rien de ce que j'ai fait, car il convenait pour le bon renom de la science française que la contradiction à la théorie de M. Tissot se produisît. On me permettra en outre de constater que, relativement au proverbe auquel j'ai fait allusion, mes adversaires et moi observons des attitudes opposées. Je leur laisse le côté du diable et je n'éprouve aucune appréhension quant au jugement que le public compétent a porté et portera sur le débat.

Maurice CAULLERY.

### Réponse de M. R. Anthony.

Je ne veux pas abuser de la patience de nos lecteurs ; et comme je désire aussi ne pas augmenter les inconvénients que cette discussion a entraînés pour M. Caullery, je me bornerai à ces quelques constatations finales :

M. Caullery a engagé en 1931 sa responsabilité sur une question qu'il ignorait totalement. — Il a qualifié d'erreurs, les résultats des recherches de M. Tissot tout en même temps qu'il se déclarait, et qu'il s'est montré en effet, incompéten pour les juger. — Il m'a reproché d'être incapable de reconnaître les erreurs sans prévoir qu'il allait m'obliger de rappeler que c'était pourtant moi qui avais relevé la sienne...

Sans vouloir examiner si cela l'autorise à se poser en juge du sens critique et du jugement des autres, je crois pouvoir lui affirmer que ses « rectifications » d'aujourd'hui ne seront prises par personne pour une marque de discernement des opportunités.

R. ANTHONY.

3. *Ibid.*, 15 avril 1937, p. 186-187.

# REVUE GÉNÉRALE DE PATHOLOGIE

En limitant notre exposé aux débuts des maladies nous diminuons singulièrement notre tâche. La science, à vrai dire, ne nous apprend rien de positif sur l'origine des maladies. Cependant personne ne pourrait contester que les moyens d'investigation du médecin se sont perfectionnés et que le praticien pourrait, s'il en avait le temps, découvrir les maladies plus précocement qu'il y a 50 ans. La bactériologie et l'immunologie nous ont fourni des procédés de découvrir des syndromes laissés autrefois totalement inaperçus. Si nous ne connaissons pas les premières manifestations pathologiques, du moins nous nous rapprochons du début d'un processus morbide, en comparaison de nos pères.

Après la microbiologie, on peut je crois avancer que la radiologie offre la technique la plus perfectionnée pour avancer un peu plus qu'on ne le faisait l'examen d'un malade. Comme pour la bactériologie nous verrons qu'il ne faut ni entonner un chant enthousiaste de triomphe ni déprécier ce merveilleux procédé de diagnostic.

C'est encore dans la tuberculose que le génie des radiologues s'est développé avec le plus de maîtrise. Si tous les jeunes gens, au moment de la puberté, passaient sous l'écran radioscopique, que d'aspects pulmonaires donneraient l'éveil et éviteraient les cataclysmes éclatant au cours de l'adolescence!

« Comme nous sommes loin du début de la tuberculose! » s'écrieront les phtisiologues. Soit, mettons que la radioscopie nous révèle le début d'une récidive ou d'une surinfection! C'est tout de même un progrès de pouvoir découvrir un nouvel assaut de l'infection. Depuis la naissance jusqu'à la mort chaque phase et chaque période de la vie humaine supportent le lourd poids de l'existence antérieure. Les pénétrantes études sur l'allergie ont contribué à montrer l'importance de la biographie dans l'évolution de la tuberculose. Il conviendrait même d'élargir la biographie; une première atteinte de tuberculose n'est pas le seul facteur qui vient imprimer une allure particulière aux rythmes vitaux. Les incidents physiologiques et moraux, la psychogénèse et le curriculum scolaire ou professionnel peuvent tellement modifier la valeur fonctionnelle de l'organisme qu'il convient d'en tenir autant compte que de l'enchaînement des flambées infectieuses au cours de la vie. Nous rappelons enfin que la science des rythmes fonctionnels s'appuie sur la morphologie ou la typologie. Suivant le type humain différent dans la montagne et dans la plaine (Claude Sigaud) les rythmes fonctionnels aussi bien que l'enchaînement des réactions à l'infection seront essentiellement différents. Les études sur la tuberculose feront un grand progrès quand les médecins commenceront leurs études cliniques par une étude géographique du lieu et par une étude historique du milieu où la tuberculose se développe d'une manière si différente. Toutes ces considérations ne peuvent diminuer la valeur diagnostique de la radioscopie pour découvrir plus tôt qu'autrefois les premières poussées ou les retours de la tuberculose.

Pour avoir une idée de la primo-infection, les médecins ont récemment repris, avec attention l'étude de la tuberculose du nourrisson. Dans un milieu très particulier, la crèche de l'hôpital Laënnec, le professeur Besanzon a observé sur 83 enfants séparés de leur mère tuberculeuse 10 cas de mort (à l'autopsie il a constaté une calcification ganglio-pulmonaire ou des nodules tuberculeux ou, avec des lésions minimes des poumons, une méningite tuberculeuse).

Dans 21 cas, la cuti-réaction est devenue positive. Un cycle de fièvre se déroule, l'enfant devient pâle. Mais l'amaigrissement est minime. La radioscopie se trouve parfois en défaut, les lésions fréquentes du médiastin étant masquées par l'ombre cardiaque. La signature de la tuberculose dans ces cas aurait passé jadis inaperçue.

Dans 18 cas la cuti-réaction devient positive mais le poids du nourrisson augmente. La radio montre des lésions très atténuées. Il faut savoir que ces cas peuvent brusquement se compliquer de méningite.

Dans 34 cas, les enfants ont séjourné de 10 jours à 6 mois dans un milieu franchement tuberculeux et ils ne contractent pas la tuberculose. Ni la cutiréaction ni la radiologie, pas plus que la

clinique, ne révèlent le moindre indice de tuberculisation.

Si dans les six premiers mois de la vie la tuberculose est presque toujours mortelle (dans 75 % des cas d'après Marfan), plus le nourrisson avance en âge, plus on rencontre les formes atténuées que nous venons de signaler et sur lesquelles Debré et Ribadeau-Dumas ont insisté.

Ni l'hérédité (Lumière) ni la contagion n'éclairent complètement l'origine de la tuberculose et il convient d'admettre que le milieu et l'ensemble des rythmes organiques se prêtent plus ou moins bien à l'éclosion et à l'évolution de modalités très diverses d'adaptation du microbe à un terrain variable d'une période à une autre de la vie.

L'importance de la radioscopie dans le diagnostic de la tuberculose a été constaté. A. Jousset[1] s'attache à montrer la discordance entre les signes cliniques et les opacités radiographiques. Le plus souvent un examen clinique soigneux serait plus près de la vérité que les plaques photographiques représentant les poumons.

Sans suivre A. Jousset, l'un des médecins français qui connaissent le mieux la tuberculose, je crois que les représentations statiques d'un état doivent toujours être complétées en sciences biologiques (pathologie aussi bien que physiologie) par l'observation d'un dynamisme qui se déroule.

Mais des examens radiographiques en série à l'aide des mensurations précises que Cottenot et Etienne Bernard viennent de proposer, offrent un intérêt qu'il ne faut pas contester.

Dans ces dernières années, d'éminents médecins ont confronté dans les milieux les plus divers (infirmières en Suède, étudiants en médecine en France sous l'impulsion de Paul Carnot) cuti-réactions et radiographies renouvelées à courts intervalles de temps. Ces méthodes ont été fructueuses. Il faudrait les étendre à d'autres milieux. En étudiant les rythmes psycho-physiologiques dans les différents corps de métiers, on arriverait à saisir les conditions favorables au développement de la primo-infection chez l'adulte et plus souvent de récidives ou de surinfections.

Dès maintenant les examens radiographiques en série ont mis en évidence l'épituberculose. Voici un fiévreux; il présente une ombre périhilaire qui augmente de semaine en semaine, le médecin est angoissé à l'idée d'une pneumonie caséeuse. Or, malgré les élargissements de l'ombre pulmonaire, la fièvre tombe et l'état général reste bon. Pendant un an la discordance entre l'évolution radiologique et l'évolution du syndrome clinique peut se prolonger. Puis peu à peu on assiste à la régression de l'opacité pulmonaire. Cette forme entrevue par Grancher et décrite par cet auteur sous le nom de splénopneumonie a été récemment attribuée par les auteurs allemands à un processus congestif ou œdémateux autour d'un foyer tuberculeux minuscule désigné sous le nom d'épituberculose.

A la suite de l'ère pastorienne si riche en découvertes dans les laboratoires, il se dessine de nos jours un nouveau courant parmi les médecins. Nous nous sentons ramenés aux doctrines de 1860 où l'on considérait la tuberculose comme une conséquence de la misère, misère physique ou délabrement moral, mais nous avons plus de moyens pour étudier les oscillations fonctionnelles et pour déterminer les rythmes qui permettent l'insertion d'une germination tuberculeuse. La radiographie dont on vantait les résultats autant que ceux de la bactériologie et de l'immunologie n'est qu'un adjuvant précieux capable de compléter une étude approfondie des rythmes vitaux.

**

Les techniques radiologiques en se perfectionnant éclairent d'un jour nouveau la pathologie digestive. Le médecin aujourd'hui peut non seulement voir la forme des différents segments du tube digestif mais aussi il peut suivre le mode de progression du bol alimentaire à chacune de ses étapes. Les obstacles extrinsèques et intrinsèques se découvrent directement au lieu d'être comme autrefois confiés à la détection du palper et du percuter si souvent trompeurs.

Sur le point particulier du début relatif des maladies, le meilleur exemple à choisir est le diagnostic des ulcères et des cancers de l'estomac. Il y a 30 ans, l'association de deux célèbres médecins Mathieu et Ricard aboutissait à des diagnostics non seulement par le syndrome clinique mais encore par la recherche de traces de sang dans les selles. Quand le diagnostic aussi précoce que possible était posé par Mathieu, Ricard pratiquait la gastrectomie et les résultats étaient favorables dans un grand nombre de cas.

Aujourd'hui l'association de deux maîtres, Gosset et Gutmann aboutit à la découverte de l'ulcère et du cancer à des stades tout à fait initiaux.

La radiographie à elle seule a opéré cet immense progrès. Grâce à elle, le diagnostic peut être devancé de plusieurs années. La négligence des malades plutôt que les ressources de notre art, laisse encore parvenir des gens insouciants aux stades ultimes, aux complications redoutables des ulcères et des cancers de l'estomac. C'est en comparant

1. A. Jousset : *La Tuberculose* (Etude pratique. Traitement par l'Allergine). Editeur G. Doin, 1937.

le rythme des douleurs et en faisant des radiographies en série que Gutmann désigne à Gosset les malades qu'il convient d'opérer d'urgence pour empêcher les progrès du processus morbide. Avec la gastro-entérostomie Gosset obtient des résultats meilleurs que Ricard en raison de la précocité plus grande du diagnostic et en raison d'une technique opératoire plus perfectionnée.

Les annexes du tube digestif sont moins faciles à explorer que l'estomac et l'intestin. Des techniques physiologiques ont cependant apporté une certaine clarté dans les conflits quelque peu bizantins mettant aux prises les grands maîtres du passé : Chauffard et Widal. Fiessinger, Harvier, Chiray, les spécialistes en vedette, nous ont appris qu'en sachant associer le tubage duodénal aux techniques radiologiques, on peut apporter des précisions impossibles autrefois. Aussi bien que pour l'estomac et pour l'intestin les médecins distinguent le spasme et l'atonie des voies biliaires. L'exclusion de la vésicule biliaire est diagnosticable. On voit le contour des calculs dans le canal cholédoque. La pharmacodynamie des chologogues a été entièrement découverte dans ces dix dernières années grâce à la radiographie et au tubage duodénal (Chabrol).

Malgré l'abondante floraison des publications médicales depuis les perfectionnements de la technique radiologique, sans doute par la faute des patients qui se plaignent toujours trop tard, les maladies font encore leurs progrès à bas bruit... Ces lésions se sont étendues avant que l'intéressé se soit soucié de son état.

La cholécystostomie et l'injection lipiodolée dans les voies biliaires montrent des canaux surdintendus et atones ; on reconnaît le dôme d'un calcul arrêté dans le cholédoque, la frange fractionnée d'un cancer de l'ampoule de Vater sans compter les angiocholites simples éliminées par Widal et remise en évidence à l'aide de cette technique par Carnot et Caroli.

***

Fait assez surprenant là où la technique s'est le plus perfectionnée, les résultats précoces des investigations sont encore moins nombreux. La cardiologie où le génie inventif des spécialistes, s'est développé d'une manière variée et féconde et la neurologie, la partie de la médecine la plus riche en signes objectifs précis ne nous renseignent ni l'une ni l'autre sur les premières amorces des lésions. Puisque nous avons choisi la radiologie dans cet exposé, il faut avouer qu'un cœur augmentant de volume au point qu'on puisse s'en apercevoir à la radio, n'en est pas à une phase préliminaire de son processus pathologique. Les petits anévrysmes de l'aorte sont la révélation la plus précoce offerte par les techniques modernes.

Quant à la neurologie, science éminemment française, où tant d'ingénieux esprits ont découvert de subtils symptômes, nous sommes placés d'emblée devant des situations tragiques. L'encéphalographie ou mieux d'après le grand maître Clovis Vincent en cette matière, la ventriculographie (l'injection d'air dans la colonne vertébrale ou dans la boîte cranienne laisse voir à la radio des déformations, des dilatations, des déplacements, des ventricules ou leur absence, des élargissements des sillons ou leur absence, l'atrophie de certaines parties de la substance corticale, des symphyses arachnoïdiennes) l'encéphalographie ou la ventriculographie nous permettent de découvrir des lésions qui seraient restées inapparentes autrefois. Ces syndromes hélas ne sont pas très précoces. Par exemple dans l'épilepsie consécutive à des traumatismes obstétricaux et dans les encéphalopathies datant de l'enfance l'on trouve les images que nous venons d'énumérer. Cl. Vincent insiste sur les incidents post-traumatiques : céphalée, vertiges, inaptitude au travail, diminution de la mémoire. L'encéphalographie peut donner une signature à ces troubles fonctionnels.

***

A une époque, comme la nôtre, où les vérités en apparence les mieux établies, comme l'hérédité ou la contagion, sont remises en question ; à une époque où les doctrines les plus opposées ont des défenseurs et des ennemis convaincus, il importe surtout de recueillir des faits précis. En ce qui concerne le début des maladies, nous avons pu rappeler quelques faits intéressants. La radiographie, comme la bactériologie et l'immunologie, apporte des techniques qui enrichissent notre documentation sur les malades. Après une période d'enthousiasme aveugle, ces techniques doivent être replacées à leur rang dans une investigation très générale portant sur le milieu social, sur la forme du corps et surtout sur les rythmes fonctionnels.

**Docteur René Porak.**

# PALÉONTOLOGIE GÉNÉRALE ET PALÉONTOLOGIE HUMAINE

## L'ŒUVRE DE M. MARCELLIN BOULE

Monsieur le Directeur[1],
Mesdames,
Messieurs,

Si, aujourd'hui, ma pensée se reporte vers les Maîtres qui ont formé mon esprit, vers ceux aux enseignements et aux exemples de qui je dois de me trouver ici, je ne puis oublier une autre influence qui, pour être plus impersonnelle et plus floue, n'en a pas moins été profonde et s'est exercée sur moi dès ma jeunesse : c'est celle du Muséum lui-même.

Je n'étais qu'un enfant lorsque j'y vins pour la première fois, conduit par mon Père; notre visite fut pour la galerie de Minéralogie, et je me souviens encore de l'émerveillement que je ressentis devant le spectacle des cristaux scintillants et la magie de leurs couleurs. Mon Père, qui n'était point minéralogiste, mais en qui vibrait l'amour de la Nature, et le culte de la beauté m'expliquait et essayait de me faire comprendre l'admirable harmonie des lignes simples et des plans qui constituent les formes cristallines. Malgré les années écoulées je n'ai point oublié cette impression, et maintenant encore, lorsqu'il m'arrive parfois de franchir le seuil de la galerie de Minéralogie, j'y retrouve et ce même souvenir, et cette même émotion.

Vers la même époque nous parcourions aussi les galeries de Zoologie, et ma jeune imagination, toute imprégnée encore de merveilleux et nourrie des récits de voyages extraordinaires, trouvait là, matérialisés, une foule d'êtres étranges et inconnus, presque irréels et comme sortis de la légende. Aussi à ce moment le Muséum m'apparaissait-il comme une sorte de palais prodigieux consacré au plus étonnant des Contes de Fées.

Puis les années ont passé... Les Fées ont cessé de m'accompagner — ou c'est moi qui les ai abandonnées — mais d'avoir fréquenté leur Palais il m'était resté la curiosité insatiable et le désir ardent de comprendre.

Et c'est ainsi que je me retrouve plus tard, au cours des années de collège, puis d'études, attiré sans cesse vers le Muséum où je venais compléter mes premières notions de Sciences Naturelles, et où, essayant d'identifier les fossiles de mes premières récoltes, j'errais dans la galerie de Paléontologie sans oser encore franchir le seuil redoutable où je voyais écrit en lettres d'or le mot : Laboratoire.

Un jour enfin j'y fus admis ainsi que dans les autres Laboratoires et dès lors le Muséum devint pour moi, le centre d'études et de recherches auquel depuis une vingtaine d'années je suis resté fidèle.

C'est sans doute cette fidélité aux origines lointaines que les Professeurs du Muséum ont voulu consacrer en me faisant l'honneur de m'appeler parmi eux. Je leur en exprime ma bien vive reconnaissance.

Messieurs, je m'excuse de m'être laissé entraîner à ces quelques souvenirs personnels : ce n'est point de moi que je veux vous entretenir ce soir ! Je désire, continuant une tradition de cette Maison, retracer devant vous l'œuvre de mon éminent prédécesseur : Monsieur le Professeur Marcellin Boule.

L'œuvre de M. Boule est immense et s'étend aux sujets les plus divers de la Géologie, de la Paléontologie et de la Paléontologie humaine. Aussi, pour pouvoir la situer dans son véritable cadre, pour vous montrer la place qu'elle occupe dans la science et ce qu'elle lui a apporté de nouveau, est-il nécessaire de rappeler ce que fut l'histoire du développement de la Paléontologie. C'est ce que je vais essayer de faire très brièvement.

L'Histoire de la Paléontologie est essentiellement française et elle appartient au Muséum car, à son origine, comme aussi à chacun des grands progrès qu'elle a accomplis, nous trouvons des noms familiers à cette Maison : un précurseur : Buffon; deux fondateurs : Cuvier et Lamarck; ensuite : Alcide d'Orbigny; puis : Albert Gaudry; enfin : M. Marcellin Boule.

Ce n'est qu'au début du XIX[e] siècle que la Paléontologie s'est réellement constituée en discipline scientifique. Jusque-là, la connaissance des fossiles était demeurée à peu près incohérente : méconnus pendant le Moyen Age, la Renaissance et plus tard encore — vous connaissez les plaisanteries de Voltaire à leur égard — il faut arriver à Buffon pour trouver la notion exacte de leur nature et de leur origine. Buffon a reconnu que les fossiles étaient des restes d'êtres qui ont vécu; il a pu même discerner pour certains ce

1. Leçon inaugurale du Cours de Paléontologie. Muséum, 13 mai 1937.

que nous appelons aujourd'hui les conditions éthologiques, c'est-à-dire le mode de vie. Il a en outre introduit le premier la notion des « Epoques de la Nature » dont il a distingué la succession, ainsi que celle de la grande durée des temps géologiques et des changements paléogéographiques.

Vous savez enfin qu'au point de vue philosophique, l'idée transformiste, inexprimée, mais virtuellement contenue dans l'œuvre de Buffon, en fait à ce titre également un précurseur.

Mais c'est à Cuvier et à Lamarck qu'appartient simultanément la gloire d'avoir créé la science des fossiles. Tous deux, essentiellement zoologistes, ont compris que l'étude des formes disparues devait s'intégrer parmi celle des formes vivantes dont elles étaient inséparables.

Cuvier, dont l'érudition prodigieuse s'étendait à toutes les parties du Règne animal, est le créateur de la Science anatomique et de l'Anatomie comparée. Il devait être tout naturellement amené à rechercher l'application aux ossements fossiles des lois qu'il avait découvertes sur les vivants.

Dès 1796, un mémoire sur les Proboscidiens fossiles inaugurait la série ininterrompue des publications qui, réunies en 1812, devaient constituer cet ouvrage fondamental que sont les « Recherches sur les Ossements fossiles ». Mais, en même temps qu'il étudiait leurs débris, Cuvier se préoccupait de rechercher l'ordre du succession des Animaux qu'il reconstituait. Et ainsi fut-il amené à faire œuvre de géologue et de stratigraphe.

Toutefois, malgré l'immensité de l'œuvre paléontologique de Cuvier, le nombre d'espèces qu'il connaissait était insuffisant pour édifier solidement une théorie de la Terre et de la Vie. Aussi ne faut-il pas s'étonner que sa théorie de la Fixité des espèces et celle des Révolutions du Globe, après avoir exercé une influence prépondérante sur la pensée scientifique pendant une partie du XIXe siècle, n'aient pu résister aux découvertes ultérieures. Et, par un retour un peu injuste, on lui a beaucoup reproché ses affirmations basées sur un nombre de faits insuffisant.

Mais il faut reconnaître qu'abstraction faite de leurs faiblesses et de leur forme trop absolue, les théories de Cuvier sont empreintes de cette intuition profonde qui est la véritable marque du génie. Car, si nous savons aujourd'hui que le transformisme évolutif est là seule explication rationnelle du Monde vivant, nous savons aussi, et de plus en plus, que loin de s'être déroulée sur un rythme uniforme et lent, son histoire est au contraire discontinue, toute entrecoupée de périodes d'accélérations et de ralentissements dont la périodicité coïncide avec celle des grands phénomènes géologiques : déplacements relatifs des mers et des continents, surrection des chaînes de montagnes.

Lamarck, bien qu'opposé à Cuvier par les conceptions philosophiques et violemment combattu par lui, s'en rapproche cependant par la méthode. Comme Cuvier, Lamarck ne sépara point l'étude des fossiles de celle des vivants. Botaniste d'abord, puis zoologiste, il consacra ses recherches aux animaux invertébrés dont il créa la systématique, et il intégra toutes les formes fossiles connues alors dans les cadres de sa classification et de son « Histoire des Animaux sans vertèbres ».

A ce titre Lamarck mérite de partager avec Cuvier le titre de fondateur de la Paléontologie.

Je n'insisterai point sur l'œuvre philosophique de Lamarck, créateur du Transformisme et qui est trop bien connue. Je rappellerai seulement que l'idée transformiste, incomprise en France et écrasée sous les coups de Cuvier, dut, pour acquérir chez nous droit de cité, nous revenir d'Angleterre quarante ans plus tard, consacrée par Darwin.

Aussi, les successeurs de Lamarck, dominés par l'influence de Cuvier, négligèrent-ils le point de vue philosophique de la Paléontologie et se bornèrent-ils à la description purement systématique des espèces fossiles.

Jusqu'au milieu du XIXe siècle, la paléontologie ne se détacha point en France des différentes disciplines zoologiques. Au Muséum, l'étude des divers groupes de fossiles appartenait aux différentes chaires de Zoologie correspondantes.

En 1853, le Ministre de l'Instruction publique créa au Muséum et — il faut bien le dire — contre la volonté de l'assemblée des Professeurs, la première chaire de Paléontologie. La direction en fut confiée à Alcide d'Orbigny.

Né le 6 septembre 1802 près de La Rochelle, Alcide d'Orbigny, élevé au bord de l'Océan, s'intéressa dès sa jeunesse aux choses de la mer; à l'âge de 23 ans il présentait à l'Académie des Sciences un ouvrage sur la classification des Foraminifères qu'il venait de créer de toutes pièces.

Mais il était de cette lignée de Naturalistes qui ne se contentent point d'étudier la Nature en vase clos, et qui veulent la voir vivre pour en saisir sur place toutes les nuances, et, comme l'aventure et l'inconnu l'attiraient irrésistiblement, il entreprit, à partir de 1826, l'exploration scientifique de l'Amérique du Sud. Pendant huit années il parcourut successivement le Brésil, la Patagonie, le Chili, le Pérou et la Bolivie. Il rapportait à

son retour des collections importantes embrassant toutes les Sciences Naturelles, et surtout une quantité d'observations originales sur la Faune, la Flore, la Géologie et sur les Peuplades encore inconnues de ces régions. Le résultat de cette exploration fit l'objet d'un ouvrage en 8 volumes et 500 planches qui était à l'époque et est encore un monument inestimable.

A partir de ce moment, d'Orbigny se consacra à la Paléontologie des Invertébrés. Il entreprit dans ce but de réunir une collection au moyen de ses propres ressources, et son activité fut telle qu'à sa mort cette collection comprenait plus de cent mille échantillons; ce fut là l'origine des collections actuelles du Muséum dont la collection d'Orbigny constitue encore l'un des joyaux.

Il commençait à partir de 1840 la publication d'une série d'ouvrages devenus classiques: la « Paléontologie française », puis le « Prodrome de Paléontologie stratigraphique » qui comprend la diagnose de plus de 18.000 espèces; enfin son « Cours de Paléontologie et de Géologie stratigraphiques » qui renferme l'exposé de ses idées générales.

D'Orbigny, comme les continuateurs de Cuvier, a été exclusivement un systématicien. Convaincu de la fixité des espèces, il a cherché dans cette fixité le moyen d'établir la succession chronologique des terrains, et c'est ainsi que se basant sur les fossiles il a pu établir une classification et une nomenclature des étages géologiques, celle qui est encore à peu près intégralement usitée aujourd'hui, au moins pour l'ère secondaire.

Malheureusement, exagérant les idées de Cuvier et poussant à l'extrême ses conceptions fixistes, d'Orbigny a non seulement admis la réalité des Révolutions du Globe, mais il en a augmenté le nombre et en a compté 27 : chaque étage géologique aurait correspondu à une création distincte, renouvelant entièrement la faune et la flore détruites à la fin de l'étage précédent par un cataclysme universel !

Quoi qu'il en soit de ces exagérations, l'impulsion donnée à la Paléontologie par d'Orbigny fut considérable; en précisant la valeur chronologique des fossiles il fournit aux géologues un précieux instrument de travail. Par là, son action marque dans l'histoire de la Science un nouveau progrès : celui de la création de la Paléontologie stratigraphique.

Après la mort de d'Orbigny en 1857, la chaire de Paléontologie du Muséum demeura vacante pendant 4 ans puis fut occupée par le Vicomte d'Archiac.

D'Archiac, d'abord officier de cavalerie et auteur de quelques essais littéraires ne s'était consacré à la science qu'à l'âge de 30 ans.

Il s'était surtout occupé de géologie et on lui doit un certain nombre de monographies stratigraphiques et paléontologiques sur les terrains crétacés et nummulitiques. Mais sa réputation lui vint surtout de ses recherches sur l'histoire de la Géologie et de la Paléontologie qui constituent une source de documentation précieuse sur les 60 premières années du XIX<sup>e</sup> siècle.

D'Archiac n'a pas cru aux révolutions du globe et l'idée d'Evolution transparaît dans son œuvre avec des pensées comme celle-ci :

« Les Animaux et les Végétaux qui nous entourent ne sont que les descendants ou les représentants de ceux qui les ont précédés. Les formes vivantes, comme celles qui se sont éteintes font partie d'une chaîne continue... »

Mais il est assez déconcertant de le voir rejeter violemment la doctrine de Darwin ! Curieuse contradiction que l'on rencontre souvent chez les hommes éminents qui veulent à tout prix concilier les impulsions de leur cœur avec les données de leur raison !

Le successeur de d'Archiac à la chaire de Paléontologie fut Edouard Lartet.

Né le 15 avril 1801, Lartet ne se destinait point non plus à la Science. Originaire du Gers, il était revenu, ses études de droit terminées, se fixer dans son pays natal où il exerçait la profession d'avocat. Ses clients lui apportaient parfois des curiosités de la région : monnaies anciennes ou débris archéologiques. Un jour un paysan lui apporta une dent de Mastodonte et ce fut l'origine de la découverte qui allait l'orienter définitivement : celle du célèbre gisement de Mammifères de Sansan. Il avait alors une trentaine d'années.

Il entreprit la fouille du gisement de Sansan et se consacra désormais à l'étude de la Paléontologie. La description de la faune de Sansan, une étude sur les Proboscidiens fossiles, et divers autres travaux lui valurent bientôt une notoriété considérable.

C'était aussi l'époque héroïque où Boucher de Perthes, en lutte depuis quinze ans contre la science officielle pour essayer de faire admettre l'idée alors presque subversive que des Hommes avaient été les contemporains des grands animaux quaternaires, venait enfin de triompher. Il lui avait fallu, pour que ses découvertes dans la Vallée de la Somme fussent homologuées, la consécration de savants étrangers : les géologues anglais Prestwitch, Falconer, Lyell et d'autres.

Lartet, que ses recherches paléontologiques

avaient amené à étudier les Animaux quaternaires, s'intéressa à la question, et entreprit des fouilles dans un certain nombre de grottes et de cavernes. C'est à lui qu'on doit à partir de 1860 la description d'un grand nombre de stations préhistoriques, aujourd'hui classiques : Aurignac, La Madeleine, Laugerie, les Eyzies, Bruniquel, ainsi que la première classification des Temps Paléolithiques basée sur la typologie et la Paléontologie. Il devint ainsi le fondateur et le chef d'une nouvelle discipline, « l'Archéologie préhistorique ».

Il était âgé de 68 ans lorsqu'il fut nommé au Muséum et mourut moins de deux ans après, sans avoir pu enseigner.

Le successeur de Lartet dans la chaire de Paléontologie du Muséum fut Albert Gaudry.

L'arrivée de Gaudry marque, dans l'histoire de la Paléontologie une étape nouvelle : celle de l'orientation philosophique. Jusque-là, ses prédécesseurs s'étaient préoccupés uniquement de décrire les formes disparues, de les cataloguer, de les utiliser comme repères stratigraphiques.

Mais depuis 1859, la publication des ouvrages de Darwin avait apporté un trouble profond dans la pensée scientifique où les conceptions nouvelles se heurtaient violemment aux dogmes soutenus par l'école de Cuvier. Les faits signalés par Darwin pour étayer ses théories transformistes étaient empruntés surtout à la Nature vivante; les arguments paléontologiques n'occupent dans « L'origine des espèces » qu'une place insignifiante. Il appartenait à Albert Gaudry de combler cette lacune et d'apporter au transformisme naissant ce faisceau de preuves qui lui manquaient et que seule la Paléontologie pouvait lui fournir.

Albert Gaudry est encore trop près de nous et son souvenir trop vivant ici pour que j'insiste sur les détails de sa biographie et de son œuvre qui ont été d'ailleurs magistralement retracés à plusieurs reprises par son disciple M. Boule. Je me contenterai de noter les traits essentiels.

Né en 1827, Albert Gaudry fut attiré très jeune par les Sciences Naturelles auxquelles l'initia son beau-frère Alcide d'Orbigny. Dès 1850, attaché au Muséum, au Laboratoire de Géologie, il devint le premier aide-naturaliste de la chaire de Paléontologie nouvellement créée. Mais, lui aussi, était de ceux qu'attirent les grands horizons et l'étude de la Nature sur le terrain.

Aussi débute-t-il par un voyage scientifique en Orient, parcourant la Syrie, l'Egypte, les îles de la mer Egée, la Grèce dont il étudia la géologie. Il eut au cours de ce premier voyage la révélation du gisement de Vertébrés fossiles de Pikermi, près d'Athènes et, de retour en France, s'attacha aussitôt à organiser une expédition pour fouiller ce gisement.

Ces fouilles durèrent plusieurs années et s'effectuèrent au milieu de difficultés sans nombre dues au pays insalubre, au climat rude, à l'insécurité, car ces régions étaient alors le pays du « Roi des Montagnes », et du brigandage.

Mais pour Gaudry, comme pour tous ceux qui ont l'amour du soleil, de la liberté et de la recherche, ces inconvénients comptaient peu, et tous les souvenirs qu'il consacre à cette époque de sa vie sont empreints de la nostalgie qu'ont laissé en son âme de poète le ciel resplendissant de l'Attique, les rivages de la mer sonore, et les sites grandioses du Pentélique.

Le résultat des fouilles de Pikermi dépassa toute espérance. Gaudry exhuma du ravin désormais célèbre, toute une faune à peu près inconnue, 35 genres de Vertébrés dont 20 étaient nouveaux, avec 51 espèces inédites : des Mastodontes, des Hipparions, des Rhinocéros, des Singes, des Giraffidés gigantesques, toute une série d'Antilopes aux formes variées et de Carnassiers. Tous ces Animaux, dont les noms sont évocateurs de mythes antiques : le « Sanglier d'Erymanthe », « l'Antilope Amalthée », « le Mastodonte du Pentélique », bien qu'appartenant à des espèces disparues, établissent des traits d'union soit entre des formes actuelles, soit entre elles et d'autres plus anciennes.

Ce sont ces rapports, ces liens et ces filiations que Gaudry s'attacha surtout à étudier et à mettre en évidence pour la première fois. Son grand ouvrage sur les « Animaux fossiles et géologie de l'Attique », tout imprégné de cette méthode, fut un événement considérable et une révélation.

Les recherches paléontologiques de Gaudry se poursuivirent alors dans tous les groupes : Poissons, Batraciens, Reptiles, Mammifères, et tous ces travaux conçus dans le plus pur esprit transformiste, sont dominés par la préoccupation constante de rechercher les rapports des formes entre elles et de suivre les transformations à travers le Temps de leurs divers mécanismes.

A partir de 1872, devenu professeur au Muséum, il put développer sa doctrine au cours de son enseignement et à partir de 1878 la condensait dans la célèbre série des « Enchaînements du Monde animal ». L'impression produite en France et à l'étranger par cet ouvrage fut considérable et il n'est pas exagéré de dire que c'est à lui qu'est dû, pour une très grande part, le ralliement enthousiaste à l'idée transformiste de l'élite intellectuelle de la fin du XIXe siècle et son introduction dans la science classique.

Cette œuvre fondamentale fut suivie en 1896 de

« l'Essai de Paléontologie philosophique » qui complète le précédent en montrant non seulement les progrès de la transformation organique des êtres, mais celui de leurs fonctions, et où il introduit la notion nouvelle et féconde des stades évolutifs.

Enfin c'est à Gaudry qu'est dû le rassemblement des collections de paléontologie du Muséum jusque-là éparses dans les divers services, et la création des admirables collections actuelles que son successeur M. Boule ne devait cesser de développer. Enfin, préoccupé de présenter au Public les richesses accumulées, il réussit à obtenir la construction de la galerie actuelle dont il eut la joie, quelques années avant sa mort, de présider le 21 juillet 1898, l'inauguration.

⁂

Tandis qu'en cette fin du XIXe siècle, la Paléontologie atteignait avec Albert Gaudry aux sommets de la Science pure, il restait cependant dans l'histoire du développement des êtres une importante lacune à combler : celle de l'Histoire de l'Homme. La notion que les Hommes pouvaient avoir une histoire paléontologique ne s'était introduite que tardivement dans la Science et non sans se heurter à des résistances passionnées.

C'est au successeur d'Albert Gaudry, à M. Marcellin Boule que devait appartenir la gloire de couronner l'édifice de la Paléontologie française en lui ajoutant le dernier fleuron qui lui manquait : celui de la Paléontologie humaine.

M. Marcellin Boule est né le 1er janvier 1861 à Montsalvy dans le Cantal.

Groupé autour de son église médiévale, le bourg de Montsalvy domine les coteaux environnants par delà lesquels la vue s'étend au loin vers le Sud sur les versants cristallins de la vallée du Lot, tandis qu'au Nord se dresse la masse sombre du grand volcan du Cantal.

C'est dans ce cadre, à peu près indemne encore des destructions de la civilisation, que s'est déroulée l'enfance de M. Boule, et l'âme ardente qui est en lui devait, plus que toute autre, en ressentir le charme et la grandeur.

Aussi, n'est-il pas étonnant qu'arrivé à l'âge d'homme ses premières curiosités de chercheur se soient tournées vers les montagnes de son pays natal où s'était éveillé son attrait pour la Nature et où il avait appris à l'aimer.

Après de fortes études classiques à Aurillac et à Nevers, M. Boule, à partir de 1882, conquérait à la Faculté de Toulouse ses premiers grades universitaires. Entré au Muséum en 1886 comme étudiant d'agrégation, il était reçu en 1887 premier à l'Agrégation des Sciences Naturelles et en 1892 Docteur ès Sciences avec une thèse sur la « Description géologique du Velay ». La même année M. Boule était nommé préparateur de la Chaire de Paléontologie dont il devenait Assistant en 1894 et où il succédait à M. Albert Gaudry en 1903.

Ainsi que je viens de le dire, les premiers travaux de M. Boule ont été consacrés à l'étude du Plateau Central. D'abord sa thèse sur la Géologie du Velay, suivie pendant vingt-cinq ans d'une importante série d'études sur le Cantal, le Plateau des Coirons, l'Aubrac et l'Aveyron et sur l'ensemble du Massif Central.

Tous ces travaux sont animés déjà au plus haut point de l'esprit de synthèse qui est, je crois, l'une des caractéristiques maîtresses de l'œuvre de M. Boule.

M. Boule, en effet, ne s'est pas contenté de faire connaître et de décrire la structure des régions qu'il a étudiées. Rattachant au passé l'état actuel, il en a cherché les causes déterminantes; remontant de proche en proche à travers le temps et suivant pas à pas la série des convulsions profondes qui ont agité le Massif Central, il en a retracé le façonnement progressif. La stratigraphie, la pétrographie, la paléontologie n'ont été pour lui qu'un moyen de comprendre et de faire revivre sous nos yeux une histoire passionnante entre toutes, celle du noyau qui constitue l'ossature même de notre pays et autour duquel se sont peu à peu distribués, en un tout harmonieux et magnifiquement équilibré, les grands bassins sédimentaires et les régions naturelles qui forment le visage de la France. Comme l'a écrit M. Boule, cette histoire « nous montre une longue série de « phénomènes grandioses, dus au conflit perpétuel « des deux principaux facteurs géologiques, l'eau « et le feu. Dans les cendres vomies par les Vol- « cans, aussi bien que dans les sédiments déposés « par les eaux, on retrouve en maints endroits, « les restes fossiles des populations animales ou « végétales qui se sont succédé pendant une im- « mense série de siècles. On y peut donc obser- « ver à la fois les diverses manifestations du « Monde physique et l'évolution du Monde animé... »

Cette histoire, étayée sur des observations précises et des recherches minutieuses a conduit à d'importantes découvertes : celle de l'âge des premières éruptions volcaniques du Massif Central; celle de l'âge des diverses phases éruptives qui s'y sont succédé depuis le Miocène, et qui ont permis de reconstituer la structure et l'évolution des grands volcans, celui du Cantal notamment;

celle de l'importance des phénomènes glaciaires Pliocènes et quaternaires dans le Cantal et le Mont Dore et de leur influence, jointe à celle de l'érosion, sur le modelé topographique qui en résulte actuellement.

Ces précisions ont pu être obtenues grâce à l'étude de nombreux gisements de Vertébrés fossiles que recèle le Massif Central et que M. Boule a fait connaître ou dont il a étudié la faune : ceux de Viallette, de Sainzelles, de Ceyssaguet, de Solilhac, du Coupet, de Joursac, de Senèze.

Là encore M. Boule s'est attaché, en faisant connaître des formes nouvelles, à retracer surtout l'histoire des groupes dont elles faisaient partie, et comme les gisements du Massif Central se rapportent surtout aux dernières périodes géologiques, les débris d'animaux qu'ils renferment sont précieux pour comprendre l'origine des formes actuelles qui leur ont succédé. Et c'est ainsi que M. Boule, disciple de Gaudry, appliquant aux espèces la méthode des enchaînements, a retracé l'histoire paléontologique des Rhinocéros, des Chevaux, des Ours, des Chiens, des Hyènes, des Félins, etc...

En même temps, l'abondance des matériaux qu'il recevait de toutes parts au Muséum lui permit d'étendre ses investigations à tous les domaines de la Paléontologie. Il serait trop long de pouvoir vous donner le détail de tous les travaux paléontologiques de M. Boule; je me bornerai à rappeler les principaux : Etudes sur le Callibrachion, Reptile permien du bassin d'Autun, sur les Dinosauriens et sur les Céphalopodes de Madagascar, sur les Carnassiers du Tertiaire et du Quaternaire, sur les Proboscidiens, sur les Mammifères quaternaires de l'Amérique du Sud et sur ceux de l'Afrique du Nord. Enfin les admirables descriptions des faunes quaternaires des grottes méditerranéennes qui, débordant de beaucoup leur cadre primitif constituent la plus importante synthèse paléontologique que nous possédions sur les Animaux quaternaires d'Europe et sur l'origine des faunes actuelles.

J'ajouterai que les matériaux paléontologiques provenant de Madagascar permirent à M. Boule de donner dès 1900 une carte géologique de la grande île qui en fixait pour la première fois, d'une manière définitive, les grands traits structuraux.

Sous l'impulsion de M. Boule et entraînés par son exemple de nombreux collaborateurs affluèrent au Laboratoire de Paléontologie où ont été ainsi élaborés, sous sa direction, d'importants travaux; pour donner à ces travaux le lustre qui leur convenait, M. Boule fondait, en 1906, cette belle publication que sont les « Annales de Paléontologie » dont la haute tenue scientifique et la présentation luxueuse font le plus grand honneur à la littérature scientifique française.

D'autre part si la création de la Galerie actuelle de Paléontologie fut obtenue sous l'impulsion d'Albert Gaudry, c'est à M. Boule surtout que l'on en doit l'installation et l'organisation que l'on peut admirer actuellement et auxquelles il consacra une des meilleures parts de son activité.

Vous avez pu remarquer, Messieurs, que, dans cette œuvre géologique et paléontologique qui est immense, M. Boule s'est attaché surtout à l'histoire des dernières périodes géologiques. Lui-même l'a écrit : « Ce qu'il y a de plus difficile en « géologie c'est le commencement et la fin... », et c'est cette fin d'une évolution dont ses prédécesseurs avaient relevé les premières étapes qu'il s'est attaché par-dessus tout à comprendre.

A la série des Enchaînements forgés par Gaudry, il manquait un dernier chaînon que Gaudry lui-même hésitait à y rattacher : le chaînon humain. Pendant longtemps l'idée qu'il pût y avoir une commune mesure entre l'Homme — le Roi de la Création — et le reste de la Nature avait paru monstrueuse. Le mot « Paléontologie humaine » eût semblé, dans la première moitié du XIXe siècle, un paradoxe inacceptable. Et Cuvier lui-même, lorsqu'en 1823 le géologue français Ami Boué lui avait rapporté des ossements humains extraits du Loess de la Vallée du Rhin avec des ossements d'animaux quaternaires, avait rejeté avec éclat la possibilité que ces restes humains fussent contemporains des animaux fossiles qui les accompagnaient.

Pourtant, peu à peu au cours du XIXe siècle, les découvertes d'ossements humains antérieurs aux périodes historiques se multipliaient, mais le plus souvent dans ces conditions de gisement imprécises ou d'authenticité douteuse. Les découvertes mêmes de Boucher de Perthes qui avaient fini cependant par imposer l'idée de la haute antiquité des hommes, ne laissaient rien préjuger quant à leur nature.

Toutefois, vers les années 80, à l'époque où se dessinait l'orientation scientifique de M. Boule, l'existence de races humaines fossiles n'était plus douteuse; l'Anthropologie créée par Broca fournissait à l'étude physique de l'Homme des moyens d'investigation inconnus jusque-là. Les idées transformistes, malgré la lutte violente qu'elles étaient encore obligées de soutenir, pénétraient de plus en plus, grâce à Gaudry, dans la pensée scientifique; la réalité des origines de l'Homme se détachait progressivement de l'ombre.

Mais, pour coordonner les faits épars observés

jusque-là, pour en établir définitivement la valeur ou l'authenticité et pour leur donner leur vraie signification, il fallait la perspicacité intuitive, la méthode rigoureuse et la précision de M. Boule, en même temps que cette prudence native qui est originelle de son terroir.

Dès le début de sa carrière M. Boule fut invinciblement attiré vers ce problème des origines de l'Homme, et il est, à cet égard, symptomatique qu'une de ses premières publications en 1884 — il avait 23 ans — ait trait à la découverte en Aveyron de puits préhistoriques creusés par les Hommes néolithiques pour l'extraction du silex.

Presque au même moment, son besoin de clarté et de précision l'incitait à entreprendre la mise en ordre des données éparses et un peu chaotiques que l'on possédait alors sur les débuts de l'Humanité. Aussi, dès 1888, dans son « Essai de Paléontologie stratigraphique de l'Homme », M. Boule, reprenant la stratigraphie et la paléontologie quaternaires de l'Europe et de l'Amérique du Nord, établit pour la première fois un tableau général du synchronisme des terrains quaternaires connus alors. Se basant sur l'importance des phénomènes glaciaires pour fixer la chronologie de ces terrains, il montre, contrairement aux opinions admises alors en France, la périodicité des extensions glaciaires, les changements de climats qui sont liés à ces alternances, et les modifications de la faune qui en résultent.

Et dès lors, muni de cette base, doublement étayée sur la Géologie et la Paléontologie, il réussit à préciser la situation et l'âge des principaux documents humains recueillis jusque-là. Ce mémoire eut un retentissement considérable et marque une date importante dans l'Histoire de la Paléontologie humaine, car, outre qu'il fournissait pour la première fois un tableau général de coordination qui n'a subi que bien peu de changements depuis lors, il inaugurait l'application des méthodes générales de la Géologie à l'étude des formations quaternaires et à l'histoire de l'Homme.

Porté ainsi d'emblée au premier rang de cette science qu'il venait de renouveler, M. Boule ne cessa dès lors de la développer. Il me serait impossible de résumer, même brièvement, tout ce qu'elle lui doit dans le domaine de la stratigraphie, de la chronologie et de la paléontologie quaternaires. Je me bornerai à vous rappeler que toutes les notions qui nous paraissent aujourd'hui familières, comme celle des relations de la périodicité des phénomènes glaciaires, du creusement des vallées et du remplissage des cavernes; celle du parallélisme, dans le Bassin de la Méditerranée, de ces phénomènes avec les changements des lignes de rivages; des oscillations positives et négatives de celles-ci, des successions de faunes chaudes et froides, des migrations et des échanges de faunes entre le continent africain et l'Europe sont dues à leur origine à M. Boule. Elles se trouvent toutes explicitement exprimées dans ces admirables monographies, aujourd'hui classiques, que constituent les descriptions des grottes de Grimaldi et de l'Observatoire près de Monaco, ainsi que dans les innombrables articles de la revue « l'Anthropologie », fondée en 1890 par M. Boule en collaboration avec le Dr Verneau et qui est devenu sous sa direction le recueil fondamental et universel de la Science de l'Homme.

La notoriété de M. Boule et son autorité avaient atteint déjà un rayonnement mondial lorsque se produisit en 1908 la découverte sensationnelle par les Abbés Bardon et Bouyssonie du squelette humain de La Chapelle aux Saints, qu'ils offrirent au Muséum.

C'était le premier document découvert dans des conditions d'authenticité irréfutables et dans une situation stratigraphique précise.

La publication par M. Boule, en 1911 dans le tome VI des Annales de Paléontologie, de la célèbre description de l'Homme de la Chapelle aux Saints, constitue le premier et le plus important témoignage que nous possédions sur les Hommes du Paléolithique moyen. Elle établit, d'une manière définitive, l'existence à cette époque d'un type humain assez différent de tous les types actuels pour qu'on puisse le considérer comme une espèce distincte aujourd'hui disparue.

Pour décrire l'Homme de la Chapelle aux Saints, M. Boule s'est placé au seul point de vue objectif de la Paléontologie : « En qualité de paléontologiste, dit-il lui-même, j'ai étudié l'homme « fossile de La Chapelle aux Saints comme j'aurais étudié le squelette d'un Mammifère fossile « quelconque... Je me suis attaché principalement « à l'examen des caractères ayant une valeur « zoologique, je veux dire des caractères se prêtant « à des comparaisons intéressantes et instructives « au point de vue des affinités zoologiques de « notre fossile... d'une part avec les animaux les « plus voisins de l'Homme, les singes anthropomorphes actuels et le Pithécanthrope fossile, d'autre part avec les groupes humains fossiles et actuels ».

Ces quelques lignes caractéristiques renferment l'idée directrice de cette œuvre fondamentale. C'est en l'appliquant jusque dans ses moindres détails que M. Boule a fait renaître peu à peu sous nos yeux cette créature étrange qu'est l'Homme de la Chapelle et a dégagé peu à peu

les traits caractéristiques de la Race de Néanderthal à laquelle il appartient.

Mieux que tout commentaire laissez-moi vous citer dans toute leur rigueur les lignes que consacre M. Boule à la diagnose de ce type humain :

« Corps de petite taille, très massif ; tête très « volumineuse, à partie faciale très développée « par rapport à la partie cérébrale... Crâne... avec « des arcades orbitaires énormes formant un bour« relet continu ; avec un front très fuyant, un « occiput saillant et comprimé dans le sens ver« tical.

« Face longue, proéminente, avec des os ma« laires plats et fuyants des maxillaires supérieurs « dépourvus de fosses canines et présentant la « forme d'un museau. Orbites très grandes, rondes. « Nez saillant, très large. Mâchoire inférieure ro« buste, sans menton ou avec menton rudimen« taire. Dentition volumineuse ; morphologie des « arrières molaires ayant conservé des traits pri« mitifs.

« Colonne vertébrale et os des membres présen« tant de nombreux caractères pithécoïdes et dé« notant une attitude bipède ou verticale moins « parfaite que chez les Hommes actuels. Jambes « très courtes..., etc. »

Et vous pouvez l'évoquer maintenant sur le seuil de sa caverne, cet Homme dont la seule possibilité psychique ne s'est manifestée que dans la taille, combien grossière, d'une seule matière première, le silex : il me semble le voir, avec son corps lourd et trapu légèrement fléchi en avant, tandis que du fond de ses orbites, entre son front bas et son masque bestial au mufle proéminent, son regard inquiet erre sur les pentes de la vallée voisine, pour lui pleine de mystères, de dangers et d'ennemis !

« Quel contraste, s'écrie M. Boule, avec les « Hommes de la période géologique et archéo« logique suivante, avec ces Hommes du type « de Cro-Magnon qui avaient un corps plus élé« gant, une tête plus fine, un front droit et vaste « et qui ont laissé dans les grottes qu'ils habi« taient tant de témoignages de leur habileté ma« nuelle, des ressources de leur esprit inventif, « de leurs préoccupations artistiques et religieu« ses... et qui furent des premiers à mériter le « glorieux titre d'Homo sapiens ! »

La description de l'Homme de la Chapelle aux Saints est, dans l'histoire de la Paléontologie humaine, un événement comparable à celui de la publication des « Ossements fossiles » de Cuvier dans l'histoire de la Paléontologie générale. Elle inaugure, en effet, le rattachement à cette dernière de la science des Hommes fossiles et fait entrer désormais l'histoire des humanités disparues dans celle de l'ensemble des êtres vivants dont elle ne saurait se détacher.

Les conséquences en furent immenses par la recrudescence d'activité qu'elle suscita dans le monde entier pour la recherche et l'étude des Hommes fossiles. Les découvertes se multiplièrent. Le Laboratoire de Paléontologie du Muséum devint, par son chef, le centre d'attraction mondial de tout ce qui avait trait à l'histoire des Hommes. Les matériaux affluèrent : squelettes néanderthaliens de la Feyrassie, de la Quina ; squelettes du Paléolithique supérieur du Sahara, de l'Algérie, de la France, dont les monographies ont été publiées ou sont en cours.

Enfin, depuis 1920, M. Boule a donné, dans les deux éditions successives du traité des « Hommes fossiles », la synthèse de toutes les connaissances acquises sur ce sujet et dont lui revient la plus grande part. C'est avec une déférente impatience que le monde savant attend la troisième édition, bientôt prête, de cet ouvrage fondamental étayé sur une documentation unique au monde.

L'ampleur donnée par M. Boule à cette science des Hommes fossiles avait vite rendus insuffisants les moyens matériels du seul Laboratoire de Paléontologie. C'est pourquoi, dès 1910 un savant et généreux ami de la Science, le Prince Albert I[er] de Monaco fondait à Paris l'Institut de Paléontologie Humaine dont la direction fut confiée à son inspirateur M. Boule et où, depuis 1920, une pléiade de collaborateurs, d'élèves et de Missionnaires se consacrent avec lui à l'étude du passé de l'Humanité.

J'ai essayé de vous exposer l'ensemble de l'œuvre de M. Marcellin Boule et j'ai dû me borner à l'essentiel laissant de côté une foule de détails importants.

J'espère cependant vous avoir montré la grandeur de cette œuvre, sa nouveauté, son originalité, et malgré sa diversité apparente son admirable cohésion qui, depuis les premiers travaux géologiques consacrés au terrain jusqu'aux descriptions des races fossiles qu'on y rencontre, constitue un tout harmonieux et comme une sorte de Monument érigé à la gloire de l'Humanité naissante.

Après vous avoir parlé de l'œuvre, il me faudrait, pour être complet, vous parler du Maître, du Professeur qui, pendant plus de trente ans, enseigna dans la Chaire de Paléontologie du Muséum, et ce sont les mots d'admiration et de reconnaissance qui me viennent tout naturellement aux lèvres. Tous ceux qui ont écouté M. Marcellin

Boule connaissant la précision de la pensée, la netteté de l'exposition, la clarté du langage et l'élégance de la forme qui donnaient à ses leçons l'attrait d'un régal intellectuel et lui attiraient chaque année un public d'auditeurs nombreux et chaleureux.

Ainsi Messieurs, comme je le disais au début, la Paléontologie est bien, selon le mot de Gaudry « une enfant de la France; elle est née dans « une enfant de la France »; elle est née dans le Muséum »; elle y a grandi et s'y est développée rapidement pour atteindre avec M. Marcellin Boule cette plénitude de force et ce rayonnement qui en font aujourd'hui l'une des Sciences les plus belles, les plus vastes et les plus philosophiquement fécondes : la seule qui puisse apporter quelques éclaircissements objectifs au problème fondamental des origines et du développement de la Vie.

**C. Arambourg,**
Professeur de Paléontologie
au Muséum National d'Histoire naturelle.

---

# LOI D'ACTION DE MASSE POUR LES ÉQUILIBRES ENTRE MÉTAUX ET SELS FONDUS

## I. — Réactions sans changement du nombre de molécules.

Dans les quinze dernières années divers auteurs ont étudié des équilibres entre métaux et sels fondus, principalement dans le but de savoir si ces équilibres hétérogènes sont régis par une loi d'action de masse.

L'un des équilibres les plus étudiés est formé par le Cadmium, le Plomb et leurs chlorures :

$$Cd + PbCl^2 \rightleftarrows CdCl^2 + Pb.$$

Lorenz, Fraenkel et Silberstein (1) ont les premiers étudié ce système. Ils partent d'une quantité pesée de l'un des métaux et d'une quantité pesée de chlorure de l'autre métal, placent les deux corps dans un tube de verre solide, qu'ils scellent et introduisent dans un four à température constante (600° à 700°). Le four tourne autour d'un axe pour assurer l'agitation du mélange fondu. Après quelques minutes le tube est sorti du four; on l'étonne par un jet d'eau froide. Le système est formé de deux phases, l'une métallique au fond, renfermant du Cadmium et du Plomb, l'autre saline, formée par les deux chlorures. Les deux phases sont analysées; leurs compositions sont indépendantes de la masse des phases en présence; le même état final est atteint en partant de $Cd + PbCl^2$ ou de quantités correspondantes de $Pb + CdCl^2$ : il s'agit donc bien d'un équilibre.

A chaque composition de la phase saline correspond une composition bien déterminée de la phase métallique, comme le veut la règle des phases.

A) En supposant que les quatre corps liquides du système suivent les lois des gaz parfaits, Lorenz (2) a démontré par voie thermodynamique que la loi d'action de masse applicable peut s'écrire :

$$\frac{(Pb).(CdCl^2)}{(Cd).(PbCl^2)} = \frac{x.(1-y)}{(1-x).y} = C$$

où $(Pb) = x = \frac{a}{a+b}$ et $(PbCl^2) = y = \frac{c}{c+d}$;

*a* et *b* sont les nombres d'atomes de Pb et de Cd de la phase métallique, *c* et *d* les nombres de molécules de $PbCl^2$ et de $CdCl^2$ de la phase saline (pour 1 gr. de phase par exemple).

On appelle généralement cette loi : loi idéale des rapports moléculaires (Ideales Molenbruchmassenwirkungsgesetz).

B) Jellinek et Wolff (3) arrivent plus simplement à cette expression de la loi d'action de masse pour les équilibres hétérogènes du type :

$$M_1 + RM_2 \rightleftarrows M_2 + RM_1,$$

en supposant :

1° Qu'il y a équilibre dans la phase saline entre les métaux dissous et les sels et que cet équilibre *homogène* est régi par la loi d'action de masse ordinaire (pour laquelle les concentrations sont exprimées par unité de volume);

2° Que les métaux se partagent entre la phase métallique et la phase saline, d'après la loi de répartition de Nernst.

C) Dans une note toute récente (janvier 1937) (30), R. Perrin et J. Lamberton arrivent à une expression analogue de la loi idéale pour les équilibres hétérogènes entre métaux et laitiers, en raisonnant sur la phase gazeuse en équilibre avec les deux phases liquides. Appliqué au système

Cd, Pb, et chlorures, leur raisonnement serait le suivant :

1° La phase gazeuse contient tous les corps du système; soient :

$$p_{Pb},\ p_{Cd},\ p_{PbCl^2},\ p_{CdCl^2},$$

les pressions partielles de ces corps.

2° Les vapeurs peuvent être assimilées à des gaz parfaits; la loi classique d'action de masse donne :

$$\frac{p_{Pb}\ .\ p_{CdCl^2}}{p_{Cd}\ .\ p_{PbCl^2}} = k.$$

3° En admettant que Pb et Cd ne forment pas de composés définis dans la phase métallique ainsi que $PbCl^2$ et $CdCl^2$ dans la phase saline, on a le droit d'écrire :

$$p_{Pb} = P_{Pb}\ .\ x\ ; \quad p_{PbCl^2} = P_{PbCl^2}\ .\ y\ .....$$

($P_{Pb^2}$ étant la tension de vapeur du Plomb seul à la température de l'équilibre...).

On aurait donc :

$$\frac{x\ .\ (1-y)}{y\ .\ (1-x)} = k\ .\ \frac{P_{Cd}\ .\ P_{PbCl^2}}{P_{Pb}\ .\ P_{PbCl^2}} = \text{cte}$$

Ecrire que $p_{Pb} = P_{Pb}\,.\,x$; ... revient à supposer que la loi de Raoult des pressions de vapeur est valable pour chaque phase, non seulement en solution diluée, mais à n'importe quelle concentration. Ceci est très discutable, Jellinek et Wolff (3) l'ont fait remarquer dès 1925. On peut dire seulement qu'un équilibre hétérogène sera régi par la loi d'action de masse idéale, si, pour chaque phase fondue, la loi de Raoult reste applicable à toutes les concentrations; malheureusement, ceci ne paraît avoir été établi expérimentalement pour aucun système.

Pour l'équilibre Cd, Pb, chlorures et les équilibres où il n'y a pas de changement du nombre de molécules, la constante de la loi d'action de masse ordinaire :

$$\frac{c_{Pb}\ .\ c_{CdCl^2}}{c_{Pd}\ .\ c_{PbCl^2}}$$

est identique à la constante C des rapports moléculaires [1] ($c_{Pb}$ = concentration atomique du Plomb par unité de volume de la phase métallique; $c_{PbCl^2}$ = concentration moléculaire de $PbCl^2$ par unité de volume de la phase saline).

L'équilibre hétérogène peut être représenté graphiquement, en portant $x$ en abscisses et $y$ en ordonnées. Il suivra d'autant mieux la loi d'action de masse idéale, que sa courbe d'équilibre sera plus voisine d'une hyperbole

$$y = \frac{x}{C + (1-C)\ .\ x}$$

symétrique par rapport à la droite $y = 1 - x$. (cp. fig. p. 411).

D'après les résultats de Lorenz, C n'est pas constant; voici quelques-uns de ses nombres :

| Pb | Cd | $PbCl^2$ | $CdCl^2$ | C | K |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,739 | 0,261 | 0,025 | 0,975 | 110 | 191 |
| 780 | 220 | 050 | 950 | 67,5 | 145 |
| 820 | 180 | 080 | 920 | 52,4 | 138 |
| 910 | 090 | 225 | 775 | 34,8 | 126 |
| 967 | 034 | 550 | 450 | 24,0 | 129 |
| 986 | 015 | 850 | 150 | 11,6 | 96 |

On voit que C décroît de 110 à 11,6 lorsque $x$ croît de 0,739 à 0,986. La loi idéale ne s'appliquerait donc pas.

Lorenz établit alors, par voie thermodynamique (4), une nouvelle loi d'action de masse pour les systèmes condensés du type $M_1 + RM_2 \rightleftarrows M_2 + RM_1$, où les deux corps $M_1$ et $M_2$ forment une phase et les deux sels une autre phase. Il admet pour chaque phase une équation d'état analogue à celle de Van der Waals :

$$\left(p + \frac{A}{V^2}\right) \cdot (V - B) = \Sigma nRT,$$

où $p$ est la pression, V le volume, A et B des constantes supposées indépendantes de la température. La constante de la nouvelle loi est alors donnée par la relation :

$$\log_{10} K = \log_{10} \frac{x\ \ (1-y)}{(1-x)\ .\ y} - L\ .\ \frac{x^2 - \frac{(1-x)^2}{1+r}}{(1+rx)^2} + $$

$$+ \ L'\ .\ \frac{y^2 - \frac{(1-y)^2}{1+r'}}{(1+r'y)^2}$$

Dans cette expression $x$ et $y$ ont la même signification que plus haut. Les constantes $r$ et $r'$ sont calculées à partir des volumes moléculaires des corps à la température de l'équilibre; pour le système Cd, Pb et chlorures, on a en première approximation :

$$r = \frac{V_{Pb} - V_{Cd}}{V_{Cd}} = \frac{20,1 - 14,2}{14,2} = 0,416$$

$$r' = \frac{V_{PbCl^2} - V_{CdCl^2}}{V_{CdCl^2}} = \frac{48,5 - 55,6}{55,6} = -0,128$$

La lettre L remplace l'expression :

$$\frac{a_1 b_2^2 - 2a_{12} b_1 b_2 - a_2 b_1^2}{b_1^2 RT} \cdot \log_{10} e,$$

1. En effet, si V est le volume de 1 g. de phase métallique V' celui de 1 g. de phase saline, on aura :

$$\frac{c_{Pb}\ .\ c_{CdCl^2}}{c_{Cd}\ .\ c_{PbCl^2}} = \frac{\frac{a}{V} \cdot \frac{d}{V'}}{\frac{b}{V} \cdot \frac{c}{V'}} = \frac{\frac{a}{a+b} \cdot \frac{d}{c+d}}{\frac{b}{a+b} \cdot \frac{c}{c+d}} = \frac{x\ .\ (1-y)}{(1-x)\ .\ y} = C.$$

dans laquelle figurent les constantes d'attraction $a_1$, $a_2$ et $a_{12}$ des atomes de Plomb et de Cadmium de la phase métallique et les covolumes $b_1$ et $b_2$ de ces corps. L' représente une expression analogue pour la phase saline. Les valeurs de ces expressions sont inconnues; Lorenz calcule L et L' à partir des résultats de trois expériences, par élimination de $\log_{10}$ K dans la relation précédente. Il trouve L = — 1,565; L' = 0,1697 et calcule alors les valeurs de K pour toutes ses mesures. Comme ces valeurs varient notablement moins que celles de C (v. tableau ci-dessus). Lorenz conclut que l'équilibre obéit à la nouvelle loi et que la constante d'équilibre est K = 136.

Il est très important que le système soit refroidi d'une manière suffisamment rapide, afin que l'équilibre ne se déplace pas. Lorenz l'a si bien reconnu, qu'il a repris, avec ses élèves, l'étude de quelques équilibres qu'il avait déjà étudiés. Le système Cd, Pb et chlorures a été repris en 1928 par Lorenz et Hering (5). Les auteurs affirment que les nouveaux résultats s'accordent avec les anciens, mais ils ne calculent pas les valeurs de C et K, pour les comparer aux anciennes. Lorenz et Schulz donnent plus tard (6), un tableau des constantes C' et K' calculées pour la réaction inverse : $Pb + CdCl^2 \rightleftarrows Cd + PbCl^2$. Dans le tableau suivant, nous avons rassemblé quelques valeurs des constantes C et K correspondant à la réaction envisagée plus haut. On a :

$$C = \frac{1}{C'} \quad \text{et} \quad K = \frac{1}{K'}$$

| Pb x | Cd (1-x) | $PbCl^2$ y | $CdCl^2$ (1-y) | C | K | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,620 | 0,380 | 0,002 | 0,998 | 814 | 24,3 . $10^3$ | |
| 660 | 340 | 011 | 989 | 174 | 7,9 . » | * |
| 712 | 288 | 028 | 972 | 86 | 6,6 . » | |
| 813 | 187 | 090 | 910 | 44 | 7,9 . » | * |
| 926 | 074 | 260 | 740 | 35.7 | 11,5 . » | |
| 972 | 028 | 510 | 490 | 33,3 | 7,9 . » | * |
| 982 | 018 | 670 | 330 | 26,9 | 4,25 . » | |

Les valeurs de C ne sont pas constantes si l'on considère toute la région des concentrations étudiées; elles le sont approximativement lorsque $x$ est compris entre 0,813 (C = 44) et 0,982 (C = 26,9).

Si la nouvelle loi s'appliquait, les valeurs de K devraient être constantes; mais il n'en est rien, K varie entre 4,25.$10^3$ et 24,3.$10^3$ [2].

2. La loi dite « générale » ne saurait d'ailleurs s'appliquer rigoureusement à cet équilibre : Lorenz a établi la relation donnant la constante K en supposant que chacune des deux phases ne contient que deux corps. Ce n'est pas le cas pour le système étudié, car après solidification, la phase saline présente un brouillard métallique provenant des métaux dissous à chaud.

Les nouvelles valeurs de K sont en désaccord complet avec celles indiquées plus haut (moyenne 136); les constantes L = — 4,94 et L' = — 0,520, calculées à partir des expériences marquées d'un astérisque sont aussi complètement différentes de celles calculées primitivement par Lorenz (L = — 1,565 et L' = 0,1697).

Plus récemment (1932), Körber et Oelsen (7) ont repris l'étude du même équilibre. Ils s'appliquent à obtenir un refroidissement très rapide des systèmes fondus et arrivent ainsi à montrer, que contrairement aux conclusions de Lorenz et de ses élèves, l'équilibre suit, du moins en première approximation, la loi d'action de masse idéale.

A 600° par exemple, dans une région de concentration ((Pb) : 0,49 à 0,99) plus grande que celle étudiée par Lorenz ((Pb) : 0,62 à 0,98), C ne varie qu'entre 43,1 et 27,0. Les auteurs donnent comme constante de l'équilibre : C = 37,5; la valeur extrême s'écarte donc de 28 % de la constante. Pour les équilibres à phase métallique riche en Plomb, leurs résultats s'accordent avec ceux de Lorenz et Hering.

Si l'on calcule la constante K de Lorenz en utilisant seulement les résultats de Lorenz et Hering confirmés par Körber et Oelsen ($x$ compris entre 0,813 et 0,982 du tableau précédent) on trouve des valeurs comprises entre 1650 et 1025; (L = — 3,53, L' = — 0,335).

Lorenz avait conclu que l'équilibre ne dépend pratiquement pas de la température; Körber et Oelsen montrent le contraire :

C = 18 à 800°; C = 175 à 385°.

Hewskyj et Jellinek (8) (1933) ont fait trois expériences à 600°, en opérant à l'air libre, au lieu du tube scellé, et sans agitation continuelle; ils confirment les conclusions de Körber et Oelsen (C = 39, moyenne des 3 mesures : 27,5; 49; 41).

### Constante d'action de masse et Force électromotrice.

La force électromotrice E de la pile de type Daniell :

$$^{-}Cd \mid CdCl^2 \mid PbCl^2 \mid Pb^{+},$$

formée des deux métaux Pb et Cd en contact avec leurs chlorures purs fondus, à la température T, est liée à la constante d'action de masse $K_{id}$ de l'équilibre $Cd + PbCl^2 \rightleftarrows Pb + CdCl^2$ à la même température, par la relation :

$$E = \frac{RT}{2F} \ln K_{id}. \text{ [3]}$$

3 En considérant comme négligeable la différence de potentiel au contact des 2 chlorures fondus; c'est le cas ici, car la différence des potentiels normaux des 2 métaux en contact avec leurs chlorures purs fondus est sensiblement égale à la force électromotrice E de la pile. (9) (cp. Applications p. 412).

(E en volts; F = 1 Faraday; R = cte des gaz = 8,324 joules, T = température absolue).

De la mesure de E on pourra donc déduire $K_{él}$. Cette méthode a l'avantage de permettre une détermination de la constante d'action de masse indépendante des mesures analytiques. Elle est intéressante car on étudie les systèmes à leur température d'équilibre, ce qui exclut les erreurs dues aux déplacements des équilibres lors du refroidissement. On devra avoir $K_{él} = C$ (voisin de 37,5) ou $K_{él} = K$ (1000 à 1600), suivant que l'équilibre est régi par la loi d'action de masse idéale ou la loi « générale » de Lorenz.

Holub, Neubert et Sauerwald (9) ont fait récemment (1935) des mesures de forces électromotrices de piles formées de métaux et de sels fondus, en vue de vérifier les constantes d'action de masse de quelques équilibres. Entre autres (v. tableaux) ils ont étudié la pile formée par le Plomb, le Cadmium et leurs chlorures. Chaque métal étant surmonté d'une couche de son chlorure fondu, et la température étant constante, les auteurs établissent le contact entre les deux chlorures, en s'arrangeant pour avoir une surface nette de séparation ; ils mesurent aussitôt la différence de potentiel.

A 570°, ils trouvent E = 0,1206 volt, d'où $K_{él}$ = 27,64.
A 650°, — E = 0,1176 — = 19,23.
En interpolant pour 600° : $K_{él}$ = 23 95.

La constante idéale de Körber et Oelsen, C = 37,5, s'accorde grossièrement avec cette valeur (écart 57 %), par contre le K de la loi générale de Lorenz s'en écarte complètement (K : 1025 à 1650).

Les auteurs attribuent l'écart entre $K_{él}$ et C au déplacement possible des équilibres lors du refroidissement, à l'imprécision des mesures analytiques (la séparation du Plomb et du Cadmium étant délicate (8), et aussi à ce que les deux phases de l'équilibre ne sont pas des solutions idéales.

D'après le Traité de Thermodynamique de G. N. Lewis et M. Randall (10), la constante exacte de l'équilibre considéré est donnée par :

$$K_a = \frac{a_{Pb}}{a_{Cd}} \cdot \frac{a_{CdCl^2}}{a_{PbCl^2}}$$

où $a_{Pb}$ et $a_{Cd}$ sont les « activités » du Plomb et du Cadmium dans la phase métallique, $a_{PbCl^2}$ et $a_{CdCl^2}$ celles des chlorures dans la phase saline. On sait que l'activité, a, d'un corps dissous est définie par la variation d'énergie libre $\Delta F$ (F énergie libre ou potentiel chimique : $F = U - JTS + pV$) quand ce corps passe de la concentration qu'il a dans la solution à l'état infiniment dilué; on a : $\Delta F = RT \ln a$. L'activité du Plomb dans la phase métallique devient égale au rapport atomique de ce métal quand la phase métallique est extrêmement diluée en Plomb.

On peut déterminer la valeur des rapports d'activités $\frac{a_{Pb}}{a_{PbCl^2}}$ et $\frac{a_{CdCl^2}}{a_{Cd}}$ pour un équilibre donné : x Pb, y $PbCl^2$ par la mesure des forces électromotrices des chaînes :

$$\left.\begin{matrix} x\,Pb \\ 1 - x\,Cd \end{matrix}\right| \left.\begin{matrix} y\,PbCl^2 \\ 1 - y\,CdCl^2 \end{matrix}\right| \; PbCl^2 \;\Big|\; Pb \quad \rightarrow E_1$$

et

$$\left.\begin{matrix} x\,Pb \\ 1 - x\,Cd \end{matrix}\right| \left.\begin{matrix} y\,PbCl^2 \\ 1 - y\,CdCl^2 \end{matrix}\right| \; CdCl^2 \;\Big|\; Cd \quad \rightarrow E_2$$

car on a (9 et 11) :

$$E_1 = \frac{RT}{2F} \ln \frac{a_{Pb}}{a_{PbCl^2}}; \qquad E_2 = \frac{RT}{2F} \ln \frac{a_{CdCl^2}}{a_{Cd}}.$$

La somme $E_1 + E_2$ doit être égale à la force électromotrice E de la pile considérée plus haut.

Holub et ses collaborateurs ont déterminé $E_1$ et $E_2$ pour deux équilibres ayant les mêmes concentrations que dans les mesures de Körber et Oelsen. Ils trouvent un accord satisfaisant entre $E_1 + E_2$ et E; — (à 570°, pour 2 mesures : $E_1 + E_2$ = 0,1187 volt et 0,1211 volt, alors que E = 0,1206 volt) — ils en déduisent $K_{él}$ = 26,3 et 28,0 (l'étude de la pile a conduit à $K_{él}$ = 27,6, v. p. ) — les valeurs correspondantes de C sont 37,5 et 45,9.

La constante d'action de masse, calculée pour une expérience (x = 0,11, y = 0,176) à partir des activités individuelles des corps réagissants est : $K_a$ = 8,7; valeur qui ne s'accorde pas avec les résultats précédents. Les auteurs attribuent l'écart à ce que ces activités sont mal connues, les piles servant à les déterminer comme :

$$Pb \;\Big|\; PbCl^2 \;\Big|\; \begin{matrix} PbCl^2 \\ CdCl^2 \end{matrix} \;\Big|\; Pb$$

n'étant pas réversibles; (Pb n'est pas en équilibre avec la phase $PbCl^2 + CdCl^2$).

En résumé, l'équilibre entre le Cadmium, le Plomb et leurs chlorures fondus est régi, en toute première approximation, par la loi d'action de masse idéale. La loi, dite « générale », de Lorenz ne s'applique pas.

Des équilibres simples analogues ont été étudiés par différents auteurs par voie chimique. Pour quelques-uns de ces systèmes, Holub, Neubert et Sauerwald ont déterminé la constante par voie électrique. Nous avons rassemblé dans le Tableau I les résultats les plus importants.

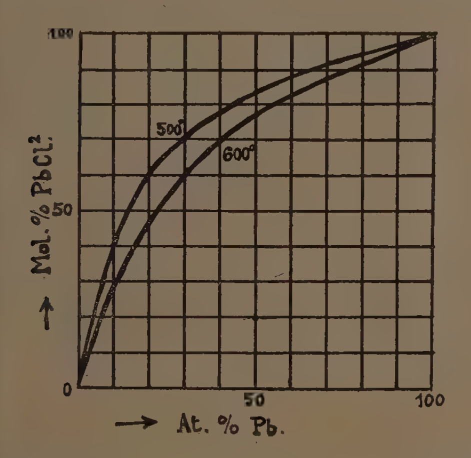
Pour l'équilibre n° 1, entre le Cadmium, l'Etain et leurs chlorures, la constante $K_{él}$ s'accorde encore approximativement avec la constante C de la loi idéale (écart moyen : 65 %), mais elle ne s'accorde pas du tout, même pas comme ordre de grandeur, avec le K de la loi de Lorenz.

L'accord entre $K_{él}$ et C est meilleur pour l'équilibre n° 2 entre l'Etain, le Plomb et leurs chlorures.

TABLEAU I

| Nos Equilibres | t^re | C | Kél | K | Région étudiée | Ecarts | Auteurs |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Cd + SnCl$^2$ ⇄ Sn + CdCl$^2$ | 600° | 1497 à 98,5<br>126,1 à 120,5<br>107 | <br><br>65,2 | 192.10$^3$ à 88.10$^3$ | (Sn) : 0,75 à 0,98 ; (SnCl$^2$) : 0,002 à 0,4<br>(Sn) ; 0,95 à 0,98 ; (SnCl$^2$) ; 0,15 à 0,4 | <br><br>C à Kél : 65 % | Lorenz (12)<br>Körber et Oelsen (7)<br>Holub etc. (9) |
| 2. Sn + PbCl$^2$ ⇄ Pb + Sn Cl$^2$ | 500°<br>600° | 0,0876 à 0,473<br>0,181 à 0,658<br>0,308<br>(0,420 à 0,244) | 0,386 | 0,225 à 0,266<br>0,425 à 0,534 | (Pb) ; 0,05 à 0,90 ; (PbCl$^2$) : 0,37 à 0,95<br>(Pb) : 0,05 à 0,90 ; (PbCl$^2$) : 0,22 à 0,93<br>(Pb) : 0,01 à 0,98 ; (PbCl$^2$) : 0,01 à 0,98 | C extr. : 36 %<br>C moy. à Kél. : 20 % | Lorenz et Schultz (13)<br>» »<br>Körber et Celsen (7)<br>Holub etc |
| 3. Zn + PbCl$^2$ ⇄ Pb + ZnCl$^2$ | 580° | 2967 | 2963 | | 1 mesure : (Pb) : 0,988 ; PbCl$^2$) : 0,027 | | Holub etc. (9) |
| 4. Cd + PbBr$^2$ ⇄ Pb + CdBr$^2$ | 600° | 41,2<br>(37 ; 46,6 ; 40) | | | (Pb) ; 0,99 à 0,93 ; (PbBr$^2$) : 0,75 à 0,25<br>(3 mesures) | | Hewskyj et Jellinek (8) |
| 5. Cd + PbI$^2$ ⇄ Pb + CdI$^2$ | 500° | 110<br>(117 ; 85 ; 109 ; 127) | | | (Pb) : 0,99 à 0,89 ; (PbI$^2$) : 0,55 à 0,06<br>(4 mesures) | | » » |
| 6. Cd + ZnCl$^2$ ⇄ Zn + CdCl$^2$ | 600° | 0,00585 à 0,00304<br>0,00578<br>(0,0053 à 0,0062) | | 0,000325 à 0,00036 | (Zn) : 0,025 à 0,20 ; (ZnCl$^2$) : 0,825 à 0,99<br>(Zn) : 0,032 à 0,38 ; (ZnCl$^2$) : 0,86 à 0,99<br>(5 mesures) | C extr. : 7,5 % | Lorenz et Schulz (14)<br>Jellinek et Siewers (15) |
| | 500° | 0,00278 | | | (2 mesures) | | » » |
| 7. Zn + CdBr$^2$ ⇄ Cd + ZnBr$^2$ | 550° | 50<br>(57,8 à 42,5) | | | (Cd) : 0,98 à 0,63 ; (CdBr$^2$) 0,47 à 0,04 | | Jellinek et Siewers (15) |
| | 450° | 62<br>(61,4 et 64,7) | | | (Cd) : 0,71 ; 0,46 ; (CdBr$^2$) 0,038 ; 0,013<br>(2 mesures) | | » » |
| 8. Sn + PbBr$^2$ ⇄ Pb + SnBr$^2$ | 600°<br>400° | 0,0758 à 0,312<br>0,0323 à 0,228 | | 0,191 à 0,205<br>2,30 à 2,92 | (Pb) : 0,05 à 0,80 ; (PbBr$^2$) : 0,41 à 0,93 | | Lorenz et Schulz (16)<br>» » |
| 9. K + NaOH ⇄ Na + KOH | 400° | 0,50<br>(0,31 à 0,77) | | 0,379<br>(0,238 à 0,644) | (K) : 0,10 à 0,85 ; (KOH : (0,07 à 0,69 | pour C : 54 %<br>K : 70 % | Rinck (17) |
| 10. K + NaCl ⇄ Na + KCl | 900° | 11,5<br>(9,3 à 13,2) | | 18,1<br>(12,1 à 23,0) | (K) : 0,064 à 0,91 ; (KCl) : 0,93 à 0,09 | pour C : 19 %<br>K : 31 % | » |
| 1 . K + NaBr ⇄ Na + KBr | 800° | 28,9<br>(23,4 à 34,1) | | 13,1<br>(15,9 à 9,7) | (K) : 0,04 à 0,83 ; (KBr) : 0,54 à 0,997 | pour C : 19 %<br>K : 26 % | » |
| 12. K + NaI ⇄ Na + KI | 800° | 56,3<br>(41,5 à 74,3) | | | (K) : 0,03 à 0,886 ; (KI) : 0,56 à 0,997 | pour C : 31 % | » |
| 13. K + NaF ⇄ Na + KF | 1000° | 0,29<br>(0,212 à 0,38) | | | (K) : 0,07 à 0,95 ; (KF) : 0,02 à 0,82 | pour C : 31 % | » |

(écart : 20 %). Exceptionnellement $K_{él}$ s'accorde aussi grossièrement avec la constante K de Lorenz. A titre d'exemple, la figure ci-dessous reproduit les courbes d'équilibre déterminées par Körber et Oelsen pour 500° et 600°; on voit qu'elles sont nettement différentes : l'équilibre dépend de la température. Ces courbes ont l'allure hyperbolique que demande la loi d'action de masse idéale, mais la symétrie n'est pas parfaite. La figure montre que des




deux métaux, Pb et Sn, l'Etain est le plus noble, la phase métallique étant plus riche en Etain que la phase saline; il s'ensuit que l'Etain est pôle + de la pile :

$$+ \text{Sn} \mid SnCl^2 \mid PbCl^2 \mid \text{Pb} -$$

Le système formé par le Zinc, le Plomb et leurs chlorures (n° 3) a fait l'objet d'une seule mesure en solution diluée (phase métallique pauvre en Zn), l'accord entre $K_{él}$ et C est alors excellent. Pour les concentrations plus fortes le système est formé de trois phases, l'une saline, les deux autres métalliques; à pression et température déterminées, les compositions des différentes phases restent alors fixées.

Les équilibres nos 4 à 7 ont été étudiés par Jellinek et ses élèves; ces auteurs n'ont fait généralement que peu de mesures, deux à cinq, par système et souvent dans des régions de concentrations assez étroites; ils concluent, un peu légèrement semble-t-il, que la loi d'action de masse idéale s'applique à ces systèmes.

Pour l'équilibre n° 8 (Etain, Plomb, bromures) il semblerait que la loi de Lorenz s'applique; mais ce système n'a été étudié que par Lorenz et Schulz.

Alors que tous les systèmes précédents renferment des métaux lourds, Rinck a étudié assez récemment (1932) des équilibres entre le Sodium, le Potassium, leurs hydroxydes et halogénures. Il a fait de nombreuses mesures, dans des régions de concentration très larges. Les équilibres sont régis, en première approximation, par la loi idéale; les écarts des valeurs de C avec leur moyenne arithmétique, sont de l'ordre de 20 à 30 %, (54 % pour les hydroxydes); l'auteur les attribue principalement aux erreurs analytiques. Pour ces équilibres, comme pour les précédents, la loi de Lorenz rend moins bien compte des faits que la loi simple.

Le tableau suivant reproduit les résultats de Rinck pour l'un des équilibres obéissant le mieux à la loi idéale

$$K + NaCl \rightleftarrows Na + KCl.$$

| 1-x (K) | x (Na) | 1-y (KCl) | y (NaCl) | C |
|---|---|---|---|---|
| 0,0645 | 0,9355 | 0,457 | 0,543 | 12,2 |
| 0854 | 9146 | 529 | 471 | 12,0 |
| 0920 | 9080 | 511 | 489 | 10,3 |
| 0974 | 9026 | 553 | 447 | 11,5 |
| 109 | 891 | 593 | 407 | 11,9 |
| 118 | 882 | 625 | 375 | 12,5 |
| 120 | 880 | 626 | 374 | 12,3 |
| 129 | 871 | 637 | 363 | 11,9 |
| 141 | 859 | 685 | 315 | 13,2 |
| 154 | 846 | 697 | 303 | 12,6 |
| 179 | 821 | 712 | 288 | 11,3 |
| 182 | 818 | 677 | 323 | 9,4 |
| 252 | 748 | 772 | 228 | 10,1 |
| 278 | 722 | 799 | 201 | 10,3 |
| 299 | 701 | 826 | 174 | 11,1 |
| 330 | 670 | 821 | 179 | 9,3 |
| 386 | 614 | 886 | 114 | 12,4 |
| 389 | 611 | 889 | 111 | 12,6 |
| 600 | 400 | 943 | 0570 | 11,0 |
| 766 | 234 | 9747 | 0253 | 11,8 |
| 910 | 090 | 9912 | 0088 | 11,1 |
| | | | Moyenne | 11,5 |

Il serait intéressant de vérifier les constantes des systèmes précédents par la méthode des forces électromotrices.

Il nous reste à signaler différents équilibres intéressant surtout l'industrie métallurgique.

L'équilibre $Ni + SiO^3Fe \rightleftarrows Fe + SiO^3Ni$, étudié par H. zur Strassen (18) (1930) suit la loi d'action de masse simple. La constante à 1500° est voisine de 0,0065.

Les résultats obtenus pour les équilibres entre des métaux fondus et leurs oxydes fondus s'accordent généralement aussi avec la loi idéale; c'est le cas pour les systèmes : $Fe + MnO \rightleftarrows Mn + FeO$ (Krings et Schackmann (19) 1931). $Ni + FeO \rightleftarrows Fe + NiO$ (Jander et Senf (20), 1933)[4].

4. La réaction avec changement du nombre de molécules (v. plus loin) $2\,MnO + Si \rightleftarrows SiO^2 + 2\,Mn$ (Krings et Kehren (21), 1932) suit également la loi simple; mais il en est autrement du système $5\,FeO + 2P \rightleftarrows P^2O^5 + 5\,Fe$, pour lequel Schackmann et Krings (22) (1933) n'obtiennent une constance de C que dans un petit intervalle des concentrations.

En résumé, les équilibres étudiés obéissent, en toute première approximation, à la loi d'action de masse idéale. Les constantes d'équilibre, déterminées analytiquement, s'écartent parfois jusqu'à 50 % de leur valeur moyenne, de même l'accord entre ces constantes et celles obtenues par voie électrique n'est qu'approché, mais les auteurs attribuent généralement les écarts au déplacement des équilibres lors du refroidissement et aux erreurs analytiques. Celles-ci peuvent provenir de difficultés analytiques particulières (séparation du Cadmium et du Plomb, par exemple) ou encore de ce que la phase saline des systèmes dissout des quantités non négligeables des métaux (voir p. ex. Rinck) (17).

La loi compliquée, dite « générale » de Lorenz, traduit plus mal les faits que la loi simple. Les valeurs trouvées pour la constante sont souvent en désaccord complet avec celles provenant des mesures de forces électromotrices.

## Applications.

Plusieurs auteurs (Jellinek et Siewers (15), Tammann (23) ont, dans leurs travaux récents, fait l'inverse de Holub et de ses collaborateurs. Ayant constaté que l'équilibre $M_1 + RM_2 \rightleftarrows M_2 + RM_1$ suit approximativement la loi d'action de masse idéale, ils déduisent de la constante C la force électromotrice E de la pile : $M_1 \mid RM_1 \mid RM_2 \mid M_2$ par la relation :

$$E = \frac{RT}{nF} \ln C \quad (I) \qquad \text{où} \quad C = \frac{(M_2)\ .\ (RM_1)}{(M_1)\ .\ (RM_2)},$$

$n$ est le nombre d'équivalents g transformés dans la réaction.

Cette force électromotrice E doit être égale à la différence des potentiels normaux des métaux $M_1$ et $M_2$ en contact avec leurs sels purs fondus $RM_1$ et $RM_2$. (On considère comme négligeable la différence de potentiel au contact de $RM_1$ et $RM_2$.) En comparant E à la différence des potentiels normaux mesurés par divers auteurs, on peut donc vérifier leurs résultats.

La chaleur de réaction, $\Delta$ W, pour la formation de $RM_1$ d'après la réaction précédente, est liée à E par la relation :

$$E = -\frac{\Delta W}{n\ 23050} + \frac{TdE}{dT} \qquad (II).$$

On peut donc déduire $\Delta$ W de la valeur obtenue pour E à la température de l'équilibre. (On néglige ordinairement le second terme.) La valeur de $\Delta$ W est généralement peu éloignée de la différence des chaleurs de formation des sels $RM_1$ et $RM_2$ à la température ordinaire.

L'équation isochore de Van 't'Hoff donne un deuxième moyen de connaître $\Delta$ W :

$$\frac{d\ln K}{dT} = \frac{\Delta W}{RT^2} \qquad (III) \qquad (K = \text{cte exacte}).$$

Si la loi idéale s'applique et si l'on a déterminé la constante d'action de masse C pour deux températures, on peut calculer $\Delta$ W par :

$$\ln C_2 - \ln C_1 = \frac{\Delta W}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right).$$

*Exemple :* L'équilibre $Zn + CdBr^2 \rightleftarrows Cd + ZnBr^2$ suit la loi idéale. Jellinek et Siewers donnent comme valeurs de C à 550° : C = 50 ; à 450° : C = 62. En portant (Zn) en abscisses, ($ZnBr^2$) en ordonnées, la courbe d'équilibre a une allure analogue à celle de la fig. donnée plus haut ; par suite, des deux métaux, le Cadmium est le plus noble. Les auteurs calculent pour la force électromotrice de la pile :

$$Zn \mid ZnBr^2 \mid CdBr^2 \mid Cd :$$

$$E = E_{oZn} - E_{oCd} = 0,138 \text{ volt à } 550°$$
$$E = E_{oZn} - E_{oCd} = 0,128 \text{ volt à } 450°$$

(Le Cadmium étant plus noble que le Zinc, on sait que d'après les conventions adoptées, son potentiel normal, $E_{oCd}$, est plus faible que celui du Zinc, $E_{oZn}$).

Les forces électromotrices des chaînes

$$Cd \mid CdBr^2 \mid Br^2 \text{ (1 atm.)}$$

et

$$Zn \mid ZnB^2 \mid Br^2 \text{ (1 atm.)}$$

sont respectivement 1,09 volt et 0,83 volt à 700° d'après des mesures de Lorenz. Il en résulte :

$$E_{oZn} - E_{oCd} = -0,26 ;$$

le Zinc serait donc le métal noble, ce qui est contraire aux résultats de Jellinek.

Ce désaccord entre les résultats de Lorenz et ceux de Jellinek se retrouve encore pour d'autres systèmes ; aussi, dans leur travail récent, Holub et ses collaborateurs ne font plus état des mesures de forces électromotrices de Lorenz.

La relation II conduit pour l'équilibre considéré à $\Delta$ W = — 2580 cal. ; la relation III à $\Delta$ W = — 2540 cal. La différence des chaleurs de formation des deux bromures est, à la température ordinaire, égale à — 3800 cal.

## Systèmes dilués.

On peut penser qu'en diluant l'une des phases d'un système par addition d'une substance indifférente, la loi d'action de masse idéale s'appliquera mieux. La constante de cette loi se calcule pour les équilibres dilués du type : $Cd + PbCl^2 \rightleftarrows Pb + CdCl^2$ comme pour le système non dilué par

$$C = \frac{(Pb)\ .\ (CdCl^2)}{(Cd)\ .\ (PbCl^2)}$$

où

$$(Pb) = \frac{a}{a+b}, \quad (Cd) = \frac{b}{a+b} \ldots\ldots$$

*a* et *b* étant le nombre d'atomes de Pb et de Cd contenus dans la phase métallique[5].

Lorenz et ses élèves ont fait de nombreuses additions de substances indifférentes aux équilibres étudiés par eux. Pour le système Cd, Pb et chlorures en particulier (24), ils ont ajouté du Bismuth ou de l'Antimoine à la phase métallique et des quantités variables du mélange équimoléculaire : NaCl, KCl à la phase saline. D'une manière générale les courbes d'équilibre se déplacent, par rapport au centre du carré (cp. fig.) ; il arrive parfois un moment où une nouvelle addition de substance ne déplace plus la courbe. Les auteurs font remarquer que les courbes d'équilibre tendent à devenir symétriques, c'est-à-dire qu'elles se rapprochent de la forme de courbe correspondant à la loi idéale.

Hewskyj et Jellinek (8) ont également étudié l'équilibre entre Cd, Pb et leurs chlorures en diluant les métaux dans du Bismuth. Ils trouvent pour le système dilué fortement (347 à 1411 at. de Bi pour 100 at. de Cd + Pb) pratiquement les mêmes constantes (moyenne 36) que pour l'équilibre non dilué (37,5 Körber et Oelsen ; 39 Jellinek). D'après ces résultats la courbe d'équilibre ne serait donc pratiquement pas déplacée en ajoutant du Bismuth à la phase métallique.

Jellinek et ses élèves ont commencé leurs travaux sur les équilibres hétérogènes par l'étude de systèmes dilués. Ils emploient fréquemment une « méthode électrochimique » : électrolyse du mélange des deux sels, avec comme cathode le métal indifférent, destiné à diluer les métaux de l'équilibre. Par exemple pour le système : K, Na, KCl, NaCl, ils électrolysent le mélange des deux chlorures en employant une cathode en Plomb fondu (25) (température : 1000° environ). Après refroidissement rapide, la composition de la phase métallique est déterminée par l'analyse, celle de la phase saline est déduite du résultat précédent et du mélange initial des chlorures. La constante trouvée est 11,1 en moyenne (3 mesures : 13,0, 11,2, 9,0). La méthode purement chimique (addition de Plomb au système fondu), donne C = 12,3 (3 mesures : 10,4, 11,4, 14,8) à 800°.

5. En effet si les deux métaux sont dilués dans *e* atomes de Bismuth par exemple, la concentration atomique exacte du Plomb sera $(Pb) = \frac{a}{a+b+e}$ et celle du Cadmium $(Cd) = \frac{b}{a+b+e}$, mais le rapport de ces deux concentrations est égal au rapport des concentrations $\frac{a}{a+b}$ et $\frac{b}{a+b}$ du système supposé non dilué ; (il n'en est plus de même pour les réactions avec changement du nombre de molécules).

On a vu que Rinck indique comme constante moyenne de l'équilibre *non dilué* : 11,5 à 900°. La dilution des métaux par le Plomb ne semble donc pas déplacer sensiblement l'équilibre.

Signalons encore que Jellinek et Wolff (3) ont étudié l'équilibre $Ba + CaCl^2 \rightleftarrows Ca + BaCl^2$, en diluant les métaux dans du Plomb (C = 1,57 ; moyenne de 3 mesures vers 1000°).

## II. — Réactions avec changement du nombre de molécules.

En dehors des équilibres hétérogènes du type : Cadmium, Plomb et chlorures, considérés plus haut, plusieurs auteurs ont étudié des réactions dites « avec changement du nombre de molécules », comme par exemple la réaction suivante :

$$Cd + Tl^2Cl^2 \rightleftarrows 2Tl + CdCl^2.$$

Nous avons admis, pour les équilibres précédents, que les sels répondaient aux formules les plus simples possibles ($PbCl^2$, $CdCl^2$, NaCl...) et que les métaux étaient monoatomiques (Pb, Cd, Na...). Dans le cas du système Cadmium, Thallium et chlorures par contre, les auteurs hésitent pour le Thallium et le chlorure de Thallium entre les formules simples : Tl et TlCl et les formules doubles : $Tl^2$ et $Tl^2Cl^2$. Suivant que l'on adopte l'une ou l'autre de ces formules on peut écrire la réaction d'équilibre de quatre manières différentes :

1) $Cd + Tl^2Cl^2 \rightleftarrows 2\,Tl + CdCl^2$
2) $Cd + Tl^2Cl^2 \rightleftarrows Tl^2 + CdCl^2$
3) $Cd + 2TlCl \rightleftarrows 2\,Tl - CdCl^2$
4) $Cd + 2TlCl \rightleftarrows Tl^2 + CdCl^2$

Il est très difficile de savoir laquelle de ces expressions traduit le mieux la réalité si l'on en juge d'après la diversité des opinions exprimées.

Lorenz, Fraenkel et Silberstein (26), qui ont étudié cet équilibre à 550° se sont prononcés pour la 1re formule en se basant sur les résultats suivants. La courbe d'équilibre, obtenue en portant les fractions de molécules de $CdCl^2$ pour 1 molécule de $CdCl^2 + TlCl$ en abscisses, les fractions d'atomes de Cd pour 1 atome de Cd + Tl en ordonnées, est déplacée lorsqu'on dilue la *phase saline* par des mélanges équimoléculaires de NaCl + KCl ; mais il y a un déplacement limite : on obtient la même courbe d'équilibre pour la dilution **7** (7 mol. NaCl + KCl pour 1 mol. de phase saline) que pour la dilution **1**.

Ces résultats s'accordent avec les réactions 1 et 2 où le chlorure de Thallium a la formule $Tl^2Cl^2$. En effet, si par exemple l'équilibre 1 dilué, obéit à la loi d'action de masse idéale, on a :

$$C = \frac{\left(\frac{a}{a+b}\right)^2 \cdot \left(\frac{d}{c'+d+e+f}\right)}{\left(\frac{b}{a+b}\right) \cdot \left(\frac{c'}{c'+d+e+f}\right)} = \frac{\alpha^2 \cdot \delta}{\beta \cdot 8}$$

*a* et *b* étant les nombres d'atomes de Tl et de Cd pour 100 g. de phase métallique par exemple, c(=2 c'), d, e, f, les nombres de molécules de TlCl, $CdCl^2$, NaCl, et KCl pour 100 g. de phase saline. Pour une composition donnée de la phase métallique $\frac{\alpha^2}{\beta}$ est fixé, par suite le rapport $\frac{\partial}{\delta}$ doit rester constant lorsqu'on dilue fortement la phase saline. Ceci est bien conforme aux résultats d'expérience, car les valeurs

$$\frac{c}{c+d} \quad \text{et} \quad \frac{d}{c+d}$$

et par suite aussi le rapport

$$\frac{2d}{c+d} \Big/ \frac{c}{c+d} = \frac{\partial}{\delta}$$

restent constants quand la dilution (e + f) croît.

Les réactions 3 et 4, où le chlorure de Thallium a la formule TlCl, ne s'accordent pas avec les résultats de l'expérience. Pour la réaction 3 par exemple et pour une composition donnée de la phase métallique, le rapport

$$\frac{\dfrac{d}{c+d+e+f}}{\left(\dfrac{c}{c+d+e+f}\right)^2}$$

devrait rester constant lorsqu'on dilue fortement la phase saline; mais ce rapport, qui peut s'écrire

$$\frac{\dfrac{d}{c+d}}{\dfrac{c}{c+d}} \cdot (c + d + c + f),$$

dépend de la dilution.

La courbe d'équilibre du système se déplaçant de plus en plus à mesure que la *phase métallique* est diluée par du Bismuth; Lorenz conclut que le Thallium est monoatomique dans la phase métallique et que par suite l'équilibre est représenté par la première réaction : $Cd + Tl^2Cl^2 \rightleftarrows 2Tl + CdCl^2$.

Jellinek (27) par contre choisit la seconde réaction. Il calcule, pour le système *non dilué*, les valeurs des constantes C d'après les résultats expérimentaux de Lorenz.

1) $Cd + Tl^2Cl^2 \rightleftarrows 2Tl + CdCl^2 \quad C_1 = \dfrac{(Tl)^2 \,.\, (CdCl^2)}{(Cd) \,.\, (Tl^2Cl^2)}$ : 0,000445 à 0,102

2) $Cd + Tl^2Cl^2 \rightleftarrows Tl^2 + CdCl^2 \quad C_2 = \dfrac{(Tl^2) \,.\, (CdCl^2)}{(Cd) \,.\, (Tl^2Cl^2)}$ : 0,0116 à 0,78

3) $Cd + 2TlCl \rightleftarrows 2Tl + CdCl^2 \quad C_3 = \dfrac{(Tl)^2 \,.\, (CdCl^2)}{(Cd) \,\, (TlCl)^2}$ : 0,000339 à 0,0538

4) $Cd + 2TlCl \rightleftarrows Tl^2 + CdCl^2 \quad C_4 = \dfrac{(Tl^2) \,.\, (CdCl^2)}{(Cd) \,.\, (TlCl)^2}$ : 0,0093 à 0,0418

Comme ce sont les valeurs de $C_2$ et de $C_4$ qui varient le moins, Jellinek rejette les réactions 1 et 3 où le Thallium est monoatomique. Il choisit la réaction 2 en se basant sur la partie des conclusions de Lorenz relative à la dilution de la phase saline.

Holub et ses collaborateurs sont d'un avis opposé, car la constante $K_{t,l}$ déduite de la force électromotrice de la pile :

Tl | TlCl | $CdCl^2$ | Cd

a des valeurs (0,000308 à 600° et 0,000364 à 650°) qui s'accordent grossièrement avec les constantes $C_1$ et $C_3$, mais pas avec $C_2$.

Nous faisons remarquer que le Thallium abaisse le point de fusion du Cadmium comme le Sodium et les métaux monoatomiques (28); nous voyons là un argument en faveur des réactions 1 et 3 choisies par Holub et ses collaborateurs.

Dans l'ensemble la réaction 1, adoptée par Lorenz, nous paraît le mieux traduire les faits [6].

D'autres équilibres, analogues au précédent, ont été étudiés par divers auteurs. Nous avons rassemblé les principaux résultats dans le tableau II, en indiquant les différentes réactions qui ont été proposées.

Pour chaque équilibre les conclusions sont généralement tout à fait différentes suivant que l'on adopte, comme Jellinek, celle des réactions pour laquelle les valeurs de C varient le moins, ou celle pour laquelle ces valeurs s'écartent le moins de la constante déterminée électriquement. Ceci n'est pas tellement surprenant quand on pense que les valeurs de C de ces systèmes reposent sur des résultats expérimentaux douteux ou en trop petit nombre.

En résumé, il est très délicat de reconnaître quelle réaction représente le mieux un équilibre hétérogène donné, quand on ne connaît pas la grandeur moléculaire des corps réagissants.

L'étude de l'abaissement du point de fusion de l'un des métaux prenant part à l'équilibre, par addition de l'autre métal peut donner des renseignements sur la grandeur moléculaire de ce dernier dans la phase métallique; il en est de même pour les sels. Les auteurs ne semblent pas avoir toujours tenu compte de ces renseignements. Il est fort possible d'ailleurs qu'il y ait des associations d'ions ou de molécules dans les phases en équilibre.

6. Lorenz a calculé pour cet équilibre les valeurs de K de sa loi d'action de ma-se « générale »; K variant entre 0,039 et 0 056 il a fait de ce système l'un des 3 exemples qui doivent établir la généralité de sa loi; malheureusement Holub a montré récemment que ses calculs sont faux (9); K varie en réalité entre 0,00121 $10^{-3}$ et 0,309 . $10^{-3}$ et la loi ne s'applique pas.

TABLEAU II

| Equilibre | $t^{re}$ | C | $K_{él}$ | Région étudiée | Réaction choisie par..... Raisons |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. $Pb + Tl^2Cl^2 \rightleftarrows Tl^2 + PbCl^2$ | 500° | $2{,}98.10^{-3}$ à $6{,}72.10^{-3}$ | | (Tl) : 0,60 à 0,01 ; (TlCl) : 0,99 à 0,60 | Jellinek (27), meilleure constance de C..., d'après les résultats expérim. de Lorenz et Schmitt (29), pour le système dilué et non dilué. |
| $Pb + 2TlCl \rightleftarrows 2Tl + PbCl^2$ | 500°<br>510° | $3{,}63.10^{-3}$ à $0{,}112.10^{-3}$ | $0{,}0160.10^{-3}$ | | Holub (9) ; accord entre C et $K_{él}$. |
| 2. $Pb + 2AgCl \rightleftarrows Ag^2 + PbCl^2$ | 800° | 3,53 (moy. 3 mes.) | | (Ag) : 0,66 à 0,83 ; (AgCl) 0,05 à 0,08 | Hewskyj et Jellinek (8) (3 mesures) par comparaison avec les systèmes suivants. |
| $Pb + 2AgCl \rightleftarrows 2Ag + PbCl^2$ | » | 539<br>(486 ; 548 ; 583) | 296,3 et 280,1 | | Holub etc. (9) ; accord entre C et $K_{él}$. — Remarque : l'argent dans le Pb fondu répond à la formule Ag ; (abaissement du point de fusion du Pb. (28). |
| 3. $Pb + 2AgBr \rightleftarrows Ag^2 + PbBr^2$ | 800° | 0,48<br>(0,21 à 0,94) | | (Ag) : 0,11 à 0,83 ; (AgBr) : 0,03 à 0,17 | Hewskyj et Jellinek (8) (8 mesures). Meilleure constance de C. |
| $Pb + 2AgBr \rightleftarrows 2Ag + PbBr^2$ | » | 12,7 à 74,5 | | | |
| $Pb + Ag^2Br^2 \rightleftarrows Ag^2 + PbBr^2$ | » | 3,69 à 27,6 | 22,75 et 22,5 | | Holub..... (9). Accord entre C et $K_{él}$. Ils choisissent la 2e des 3 réactions par analogie avec l'équilibre précédent. |
| 4. $Pb + 2AgI \rightleftarrows Ag^2 + PbI^2$ | 800° | 0,021<br>(0,013 à 0,025) | | (Ag) : 0,18 à 0,76 ; (AgI) : 0,20 à 0,54 | Hewskyj et Jellinek (8) (8 mesures). Meilleure constance de C. |
| $Pb + 2AgI \rightleftarrows 2Ag + PbI^2$ | » | 0,65 à 3,76 | | | |
| $Pb + Ag^2I^2 \rightleftarrows Ag^2 + PbI^2$ | » | 0,76 à 2,69 | 0,57 | | Holub..... (9) choisissent la seconde réaction ; accord entre C et $K_{él}$ et analogie avec n° 2. |
| 5. $Cu + AgCl \rightleftarrows Ag + CuCl$ | 1000° | 5,9<br>(5,27 à 8,47) | | (Ag) : 0,95 à 0,42 ; (AgCl) : 0,71 à 0,12 | Jellinek et Siewers (15) ; meilleure constance de C comparativement réaction avec $Cu^2Cl^2$ ; 7 mesures. |
| 6. $Cu + AgBr \rightleftarrows Ag + CuBr$ | 1000° | 2,7<br>(3,00 à 2,21) | | (Ag) : 0,90 à 0,37 ; (AgBr) : 0,75 à 0,21 | Id. pour $Cu^2Br^2$ |

**Systèmes dilués.**

Jellinek et ses élèves (3) (25) ont étudié par la méthode électrochimique un certain nombre d'équilibres entre des métaux alcalins, alcalinoterreux et leurs chlorures, en diluant les métaux dans du Plomb, de l'Antimoine, de l'Etain ou du Bismuth. Comme les grandeurs moléculaires des corps réagissants sont inconnues, chaque équilibre peut être formulé de plusieurs manières. Jellinek adopte toujours, dans son traité récent, la réaction pour laquelle les valeurs de C varient le moins. Ses conclusions diffèrent généralement de celles de ses mémoires originaux ; elles sont parfois assez surprenantes : le Sodium serait biatomique, le Potassium par contre monoatomique dans les phases métalliques diluées dans du Plomb ; en raison du petit nombre de mesures (deux à quatre) faites pour chaque système, toutes ces conclusions paraissent bien fragiles.

**Conclusion.**

Les équilibres hétérogènes du type $M_1 + RM_2 \rightleftarrows M_2 + RM_1$ que nous avons passés en revue, paraissent régis, en première approximation par la loi d'action de masse idéale :

$$\frac{x \quad . \quad (1-y)}{(1-x) \quad . \quad y} = C$$

x et (1 — x) étant les rapports atomiques de $M_2$ et de $M_1$ dans la phase métallique, y et (1 — y) les rapports moléculaires des sels $RM_2$ et $RM_1$ dans la phase saline. Les valeurs de C, déduites de l'analyse s'écartent parfois jusqu'à 50 % de leur valeur moyenne, de même elles ne s'accordent que grossièrement avec la constante d'équilibre obtenue par voie électrique, mais on attribue généralement ces écarts aux erreurs analytiques.

La loi compliquée, dite « loi d'action de masse générale pour les systèmes condensés » de Lorenz, traduit beaucoup plus mal les faits que la loi simple ; les valeurs trouvées pour la constante sont souvent en désaccord complet avec les résultats des mesures de forces électromotrices.

Quelques réactions « avec changement du nombre de molécules » ont été étudiées. Dans chaque cas, les auteurs hésitent entre plusieurs formules possibles des corps réagissants et par suite entre plusieurs manières d'écrire la réaction. Il est très délicat de choisir celle qui représente le mieux l'équilibre, car les conclusions des différents auteurs sont contradictoires.

**Henri-Jean Muller.**
Docteur ès Sciences,
Assistant à la Faculté des Sciences
de Strasbourg.

BIBLIOGRAPHIE

(1) LORENZ, FRAENKEL et SILBERSTEIN : *Z. anorg. Chem.*, 131, 1923, p. 247.
(2) LORENZ : Das Gesetz der chemischen Massenwirkung ; Voss, Leipzig, 1927 : p. 58.
(3) JELLINEK et WOLFF : *Z. anorg. Chem.*, 140 (1925) p. 337.
(4) J. J. van LAAR et R. LORENZ : *Z. anorg. Chem.*, 145 (1925), p. 239. — R. LORENZ : *Z. anorg. Chem.*, 138 (1924), p. 285. — Voir aussi (2), p. 6.
(5) LORENZ et HERING : *Z. anorg. Chem.*, 177 (1928), p. 1.
(6) LORENZ et SCHULZ : *Z. anorg. Chem.*, 179 (1929), p. 97.
(7) KÖRBER et ŒLSEN : *Z. Elektroch.*, 38 (1932), p. 557.
(8) HEWSKYJ et JELLINEK : *Z. Elektroch.*, 39 (1933), p. 444.
(9) HOLUB NEUBERT et SAUERWALD : *Z. physik. Chem.*, A 174. (1935), p. 161.
(10) G. N. LEWIS and M. RANDALL : Thermodynamics, New York, 1923, p. 294. — Voir aussi E. DARMOIS : Leçons sur la Conductibilité des Electrolytes. Vuibert, Paris (1929), p. 56.
(11) K. JELLINEK : *Lehrbuch der Physikal. Chemie*, IV, Stuttgart (1933), p. 621.
(12) LORENZ : *Ann. der Chem.*, 453 (1927), p. 338.
(13) LORENZ et SCHULZ : *Z. anorg. Chem.*, 170 (1928), p. 320.
(14) LORENZ et SCHULZ : *Z. anorg. Chem.*, 170 (1928), p. 324.
(15) JELLINEK et SIEWERS : *Z. Elektroch.*, 40 (1934), p. 871.
(16) LORENZ et SCHULZ : *Z. anorg. Chem.*, 170 (1928), p. 247.
(17) E. RINCK : *Ann. de Chimie*, 18 (1932), p. 395.
(18) H. ZUR STRASSEN : *Z. anorg. Chem.*, 191 (1930), p. 209 ; — 200 (1931), p. 46.
(19) KRINGS et SCHACKMANN : *Z. anorg. Chem.*, 202 (1931), p. 99.
(20) JANDER et SENF : *Z. anorg. Chem.*, 210 (1933), p. 316.
(21) KRINGS et KEHREN : *Z. anorg. Chem.*, 209 (1932), p. 385.
(22) SCHACKMANN et KRINGS : *Z. anorg. Chem.*, 213 (1933), p. 161.
(23) TAMMANN et HIMMELSTJERNA : *Z. anorg. Chem.*, 216 (1934), p. 288.
(24) LORENZ et HERING : *Z. anorg. Chem.*, 177 (1928), p. 1 ; 178 (1929), p. 33, 40, 337.
(25) JELLINEK et CZERWINSKI : *Z. physik. Chem.*, 110 (1924), p. 203. — JELLINEK et TOMOFF : *Ibid.*, 111 (1924), p. 234.
(26) LORENZ, FRAENKEL et SILBERSTEIN : *Z. anorg. Chem.*, 137 (1924), p. 204. — Voir aussi (11), p. 606.
(27) K. JELLINEK : *Lehrbuch der Physikal. Chemie*, IV, Stuttgart (1933), p. 608.
(28) HEYCOCK et NEVILLE : *J. Chem. Soc.*, 61 (1892), p. 904.
(29) LORENZ et SCHMITT : *Z. anorg. Chem.*, 187 (1930), p. 129.
(30) R. PERRIN et J. LAMBERTON : *Comptes Rendus*, 204 (1937), p. 267.

# BIBLIOGRAPHIE

## ANALYSES ET INDEX

### 1° Sciences physiques et chimiques.

**Séguy (E.). — Code universel des couleurs.** — — 1 *vol. in-12. Texte explicatif de 64 pages, 48 planches en quadrichromie représentant 720 couleurs, 7 planches caches sur cartons de 7 couleurs, en un portefeuille cartonné toile pleine. P. Lechevallier, éditeur. Paris,* 1936. (*Prix : 60 fr.*).

Ce livre vient à point pour combler une lacune. L'excellent « *Code des Couleurs* » de Klienckcsieck et Valette est, depuis longtemps, épuisé et devenu complètement introuvable. Le plus extraordinaire désordre continue à régner dans la nomenclature des couleurs et des teintes, le même nom désignant souvent plusieurs couleurs absolument dissemblables et certaines teintes étant connues sous plus de vingt noms différents.

En publiant ce *Code universel des Couleurs*, M. Séguy, Assistant au Muséum d'Histoire naturelle, savant entomologiste et peintre miniaturiste de talent, a voulu faciliter la désignation des coloris et, par suite, permettre d'éviter les confusions regrettables ou les dénominations vagues. Chaque planche, dont le tirage a été obtenu par le procédé de la quadrichromie, comprend 15 teintes (3 rangées de 5 teintes), la première rangée verticale donnant une teinte spectrale aussi rapprochée que possible de la sensation colorée. La méthode de Chevreul a été complètement abandonnée, de même que le système du cercle chromatique.

Les couleurs sont classées en séries allant du rouge au violet, six couleurs fondamentales étant à la base des séries colorées. Ces six couleurs se composent elles-mêmes de trois fondamentales, rouge-orange, vert et bleu violacé, dont dérivent toutes les autres par combinaison entre elles ou additions soit avec du noir, soit avec du blanc. La théorie des complémentaires, ainsi que la triade jaune-violet, rouge-vert, bleu-orange ont été abandonnées et remplacées par les couples complémentaires donnés par les phénomènes de polarisation chromatique, laquelle montre, par exemple, que le jaune est complémentaire du bleu violet.

L'atlas est accompagné d'un texte fournissant des explications techniques sur la lumière, les couleurs en général, les couleurs complémentaires, les contrastes, la perception des couleurs, etc. ainsi que des résumés en latin, allemand, anglais, espagnol, italien et portugais.

L'ouvrage s'adresse à tous les usagers des couleurs : peintres, décorateurs, photographes, fabricants d'encres, relieurs, maroquiniers, marchands de papiers peints, philatélistes, collectionneurs, horticulteurs, agriculteurs (stud-book, pedigree), naturalistes (botanistes, zoologistes, minéralogistes), pharmaciens (détermination des poudres officinales), chimistes (réactions colorées), etc. Il leur permettra d'éviter les dénominations imprécises en les remplaçant par un numéro d'ordre. Il convient de féliciter très chaleureusement l'auteur et l'éditeur de cette opportune publication dont le prix, accessible à tous, permettra une large diffusion, récompense de leurs efforts et de leurs sacrifices.

E. Cattelain.

### 2° Sciences naturelles.

**Cornet** (Paul), docteur ès sciences naturelles. — **Sur les altérations de la structure cellulaire. Actions expérimentales et actions parasitaires.** 1 *vol.* de 205 *pages*, 4 *pl. hors texte, Lyon, Bosc frères. M. et L. Riou, éditeurs,* 1936.

L'auteur s'est proposé une comparaison entre l'action de divers agents expérimentaux et celle des parasites (Champignons variés) sur la structure cellulaire. Les premiers ont été des anesthésiants (éther et chloroforme), des liquides anisotoniques, des gaz et vapeurs divers, des radiations ultra-violettes, agissant sur diverses cellules végétales; ils produisent des effets à peu près identiques, notamment sur les vacuoles qui diminuent de volume, sur les plastes qui se déforment et se fusionnent entre eux, en présentant des granulations osmiophiles dans leur masse. Cette remarquable unité d'action tient à ce qu'il y a constamment une déshydratation cellulaire, soit par une perte réelle soit par immobilisation d'une certaine quantité d'eau au sein de la cellule. Les parasites agissent d'une façon plus variée : il y a parfois fixation de plastes qui restent verts, alors que le reste de la feuille jaunit; ou bien il y a raréfaction des plastes, ce qu'on peut rattacher à un phénomène de déshydratation; les cellules souvent hypertrophiées et les vacuoles sont riches en composés phénoliques; il ne faut pas oublier que le parasite exerce une action continue tandis que les agents expérimentaux ne sont que passagers.

L. Cuénot,
Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

### 3° Sciences médicales.

**Les grandes endémies tropicales.** — *Vigot frères, éditeurs.*

Nulle méthode n'est meilleure que de rattacher l'histoire et la géographie aux grands problèmes de la pathologie humaine. Parmi les conférences réunies dans ce volume on trouvera de remarquables applications de cette méthode. C'est en connaissant le point d'attache des affections pestilentielles ou infectieuses et des affections endémiques, soit dans l'his-

toire d'un pays soit dans les conditions actuelles de vie, qu'il est possible de lutter efficacement contre les fléaux qui ravagent l'humanité.

Il convient de féliciter Messieurs Vigot frères de nous présenter aujourd'hui le huitième volume de cette mise au point effectuée avec le concours d'une élite de médecins militaires.

R. P.

***

**Le Problème de l'Alimentation** (L'Alimentation dans divers pays). *Vol. I. Société des Nations. — A. Pédone, éditeur, 13, rue Soufflot, Paris* (5e).

Volume de 289 pages d'une richesse exceptionnelle en documents précis sur l'évolution de l'Alimentation dans divers pays depuis la guerre et sur les mesures prises par les autorités publiques pour améliorer l'alimentation des diverses classes de la population. L'enfant pauvre et le travailleur sont spécialement envisagés. Les enquêtes ont été poursuivies aussi bien à l'école qu'à la caserne; chez les ouvriers à l'usine aussi bien que chez les chômeurs.

René Porak.

## 4° Art de l'Ingénieur.

**Antonini** (J.). — **Le Rail, la Route et l'Eau.** Préface de M. R. Dautry. — *1 vol.* (16×21) *de 163 pages. J. de Gigord, Paris*, 1936.

L'alliance de l'art et de la technique, ainsi pourrait-on définir brièvement l'ouvrage publié par M. Antonini dans l'agréable collection que les éditions J. de Gigord ont consacrée à *La France Vivante.*

L'art, ce sont les très nombreuses illustrations choisies avec goût et reproduites avec soin.

La technique, c'est le tableau complet que l'auteur a su faire de nos transports ferroviaires, routiers et fluviaux, ainsi que des problèmes que soulève leur nécessaire coordination, dans une forme assez précise pour retenir l'attention des spécialistes et assez attrayante pour servir à la documentation du grand public.

Nous ne doutons pas qu'on prenne, ainsi que nous l'avons fait, un très vif intérêt à la lecture de ce petit livre.

Ph. Tongas.

***

**Rimailho** (Lt-Cl). — **Organisation « à la Française. II. Préparation. Exécution. Contrôle.** — *1 vol. in-8° de 254 pages. (Prix, broché : 30 fr.).* — **III. Etablissement des prix de revient.** — *1 vol. in-8° de 104 pages. (Prix, broché : 25 fr.). Delmas, Paris*, 1936.

Nous avons précédemment rendu compte ici de la première partie de cet ouvrage, intitulée : *Le rendement par la collaboration.* Elle expose les principes directeurs de la méthode d'organisation appliquée, depuis longtemps, par les Etablissements constructeurs de l'Artillerie.

La deuxième partie est constituée par une série d'études détaillées qui ont fait l'objet de leçons professées par l'auteur à l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique, de 1930 à 1934. Elle apporte la démonstration des avantages que l'on peut retirer de l'organisation du travail en équipes, jusque dans des travaux beaucoup plus complexes que les fabrications neuves, comme la réparation du matériel de chemin de fer. La diversité des applications effectuées témoigne de la généralité de la méthode.

Dans la troisième partie, enfin, l'auteur montre comment les solutions qu'il propose sont particulièrement aptes à faciliter la connaissance minutieuse de l'emploi des fonds d'une entreprise, par l'établissement des prix de revient.

Le livre de M. le Colonel Rimailho présente les plus belles qualités d'ordonnance, de clarté, de précision; chacun est assuré d'y trouver, pour sa part, quelque enseignement précieux. Mais il y a plus et nous désirons y insister en terminant; dans cet ouvrage consacré à l'organisation « à la française », reviennent sans cesse des termes tels que : *collaboration, confiance, bonne volonté, compréhension.* Pourrait-on trouver meilleurs mots d'ordre?

Ph. Tongas.

# ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

### ACADEMIE DES SCIENCES DE PARIS

*Séance du 4 octobre* 1937 (suite).

3° Sciences naturelles. — M. **Henri Longchambon** : *Sur la genèse des gneiss et granulites à sillimanite dans le Massif Central français.* Ces observations confirment celles déjà faites dans le Morvan sur la présence de sillimanite par métamorphisme dans les gneiss granulitiques. Les Cévennes montrent que ces gneiss à muscovite et sillimanite sont une formation géologique importante caractéristique d'une zone du métamorphisme avec apport chimique. Elles permettent également d'observer la genèse des gneiss et granites à biotite et cordiérite qui constituent une autre zone de ce métamorphisme, liée à la précédente. — M. **Roger Gautheret** : *Nouvelles recherches sur la culture du tissu cambial.* L'hétéro-auxine, le chlorhydrate de cystéine et la vitamine $B_1$ peuvent exciter la prolifération du tissu cambial de *Salix caproea* cultivé *in vitro*. Le repiquage des cultures de tissu cambial permet d'entretenir leur croissance et l'au-

teur a actuellement des cultures qui prolifèrent activement depuis cinq mois. — MM. **Octave Duboscq-Pierre-P. Grassé** et **Maurice Rose** : *Les Flagellés de l'Acanthotermes ochraceus Sjöst. du Sud-algérien.* — MM. **Henri Lagatu** et **Louis Maume** : *Sur la détermination chimique de la plante cultivée.* La détermination chimique d'une plante cultivée, d'une part quant à son optimum alimentaire, d'autre part quant à son mode d'alimentation en milieu donné et en année donnée, est un contrôle incontestablement nécessaire pour indiquer à la technique les modifications alimentaires vers lesquelles elle doit tendre. — MM. **Bruno Minz** et **René Agid** : *Influence de la vitamine $B_1$ sur l'activité de l'acétylcholine.* La substance susceptible de sensibiliser l'action de l'acétylcholine sur le muscle dorsal de la Sangsue, substance présente dans le tronc du nerf vague excité, n'est-elle pas identique à la vitamine antinévritique $B_1$ ? Des expériences ont montré que l'effet sensibilisateur de la vitamine dépend d'une part du temps de son action, d'autre part de sa présence dans la cellule à une concentration appropriée, c'est-à-dire d'un certain rapport optimum entre la concentration du corps et celle de l'acétylcholine. La vitamine n'a aucune action directe ni sur le muscle normal ni sur le muscle ésériné; elle n'empêche pas non plus l'inactivation de l'acétylcholine par la cholinestérase. Enfin la présence de sang n'inhibe pas l'effet sensibilisateur de la vitamine. La vitamine $B_1$ présente donc des propriétés biologiques sensiblement identiques à celles de la substance sensibilisante du tronc nerveux excité. — MM. **Georges Blanc** et **Marcel Baltazard** : *Immunité croisée entre la fièvre boutonneuse et la fièvre pourprée des Montagnes Rocheuses. Vaccination du cobaye contre ces deux maladies par un virus vivant bilié de fièvre boutonneuse.* L'immunité conférée par la fièvre boutonneuse contre la fièvre pourprée est totale. Elle est aussi forte chez l'homme que chez les animaux de laboratoire. Il est possible de déterminer, chez le cobaye, par inoculation intracutanée de virus bilié de fièvre boutonneuse, une infection inapparente qui donne à cet animal une immunité aussi forte contre la pourprée que contre la boutonneuse. — M. **René Salgues** : *La laine du Mouton ostéomalacique.* L'ostéomalacie se traduit chez les races à laine de Moutons, en n'envisageant que le produit de la tonte, par un déficit pondéral atteignant en moyenne 56,4 pour 100 ; du point de vue chimique, par une diminution du taux de substance sèche et, dans celle-ci par un pourcentage constamment moins élevé en protéines et en cendres, légèrement augmenté en ce qui concerne les matières grasses. La déminéralisation de la laine porte exclusivement sur le phosphore. L'élévation de la valeur du rapport $CaO/P^2O^5$ est particulièrement significative. Enfin, pratiquement, il y a prédominance accusée de la blousse sur le peigné. — M. **Henri Emery** : *Prémunition du lapin contre l'épithélioma expérimental de Brown-Pearce.* Quel que soit le mode d'inoculation de la tumeur, intra-dermique ou intratesticulaire, les lapins ayant été traités au préalable par la vaccine n'ont pas pris la tumeur, alors que le résultat a été chaque fois positif sur les sujets témoins n'ayant pas reçu l'inoculation préventive de vaccine. La dernière épreuve intratesticulaire date de 4 mois et reste négative. Peut-on conclure en faveur d'une immunisation vis-à-vis de la tumeur ou y a-t-il simplement une résistance passagère conférée à l'organisme traité préventivement par la culture de vaccine ?

*Séance au 11 Octobre 1937.*

1° Sciences mathématiques. — M. **J.-G. van der Corput** : *Une nouvelle généralisation du théorème de Goldbach-Vinogradow.* — M. **J. Dieudonné** : *Sur les fonctions continues numériques définies dans un produit de deux espaces compacts.* — M. **H. Cartan** : *Théorie des filtres.* — M. **A. Appert** : *Sur la définition effective des mesures presque isométriques et sur la limite généralisée de M Banach.* — M. **Ch. Biggeri** : *Sur les singularités des intégrales de Laplace.* — M. **R. Silber** : *Sur la notion de traction et de rendement de l'hélice propulsive et sur les écarts existant entre les caractéristiques internes et effectives.* L'auteur apporte des arguments assez importants en faveur de la notion de caractéristiques effectives contre celle de caractéristiques internes ; la première offre l'avantage de la simplicité. — M. **P. Lejay** : *L'absorption du rayonnement solaire dans l'atmosphère par la bande A.* L'auteur montre que la bande A est entièrement d'origine tellurique.

2° Sciences physiques. — MM. **V. Delejsek** et **M. Tayerle** : *Sur la focalisation des rayons X au moyen d'un cristal à incurvation variable.* Le cristal est placé entre deux ressorts en acier, calculés de façon à servir de support, et déformés de telle manière que les fibres de bordure soient uniformément chargées ; un tel support prend toujours la forme d'une surface cylindrique de révolution. — M. **M. Parodi** : *Sur les fréquences propres des chlorates, bromates et iodates.* La comparaison des spectres infrarouges et Raman de ces sels confirme l'hypothèse de leur structure pyramidale symétrique, ce qui est en accord avec des recherches de mécanique ondulatoire. — MM. **R. Delaby**, **L. Piaux** et **A. Guillemonat** : *Application de l'effet Raman à l'étude de quelques cas d'isomérie albyl-propénylique.* Les auteurs ont observé une parenté évidente entre les spectres de l'alcool, du bromure et du sulfure linéaires (ou ramifiés), et une influence de la liaison C — S en $\alpha$ par rapport à la liaison éthylénique à peu près identique à celle de la liaison C — Br semblablement placée. — M. **A. Perret** : *Recherches sur les cyanures et cyanamides anhydres de Fe, Co et Ni.* L'effet de la température sur la stabilité des cyanures et cyanamides de Fe, Co et Ni présente une assez grande similitude, conforme à l'analogie des aptitudes réactionnelles de ces métaux. — M. **J.-A. Gautier** : *Sur l'hydrogénation de quelques $\alpha$-pyridones N-substituées au moyen du nickel de Raney.* Les $\alpha$-pyridones hydroxyalcoylées sont l'objet d'une transformation en pipéridones également facile, rapide et complète.

3° Sciences naturelles. — Mlle **Y. Boisse de Black** : *Sur un affleurement de basalte du Cantal postérieur à une glaciation de vallée.* — M. **E. Saurin** : *Présence du Norien fossilifère sur la côte du Sud-Annam.* — MM. **Gérard Waterlot** et **Edouard Roch** : *Sur le Gothlandien du Haut Atlas à l'est de Marrakech.* La série

du versant Sud de l'Atlas, identique à celle de l'Adrar n Dgout, débute par une barre gréseuse à laquelle succèdent des schistes argileux peu épais dont les faunes indiquent à la fois le Wenlock supérieur et le Ludlow inférieur. Elle offre beaucoup d'analogies avec les affleurements gothlandiens décrits dans le Sud-Marocain, elle s'oppose par contre à la série du versant Nord du Haut-Atlas représentée par des schistes à Graptolithes et des grès à pistes et à *ripplemarks*. Il semble que la première se soit déposée sur une zone épicontinentale tandis que la seconde, ait pris naissance dans un bassin de caractère subsident. — MM. **Frantz Baerts** et **Romain Vandewijer** : *Alcalinité des cendres et perte de chlore à l'incinération*. Pour une quantité donnée de sucre l'excès de KCl n'augmente que faiblement le rendement en $CO^3K$. La transformation de chlorure est limitée; elle se réduit à rien pour un mélange à parties égales de carbonate et de chlorure. Pour différents chlorures la transformation en carbonates est en rapport avec la chaleur de formation des oxydes correspondants. Le rendement en carbonates pour les divers halogénures d'un même métal dépend de la chaleur de formation des hydracides correspondants. Le glucose et le fructose se comportent à peu près comme le saccharose, le rendement est moindre avec l'amidon, il est nul avec la paraffine. Les pertes de chlore, avec formation corrélative de carbonates, sont donc loin d'être négligeables lors de l'incinération des tissus ou des préparations organiques, partout où font défaut les organates générateurs d'alcalinité. — M. **Lucien Daniel** : *L'hérédité chez les descendants de l'*Helianthus Dangeardi. — M. **André Goris** : *Sur un principe lacrymogène des racines de* Ranunculus Thora *L.* Les naturalistes du Moyen Age considéraient *Ranunculus Thora* comme la plante dont le suc servait aux Gaulois pour empoisonner leurs pointes de flèches. Cette réputation est-elle justifiée? L'auteur a pu extraire des racines de cette plante un principe lacrymogène, qui cristallise en prismes incolores, anhydres. L'analyse, les propriétés chimiques et physiques et les réactions de coloration, permettent de conclure à l'identité de ce corps et de l'anémonine. Mais cette substance n'est pas toxique et il semble n'exister dans la plante aucune substance dont la toxicité, par voie parentérale, justifie sa réputation d'ancien poison de flèches. — M. **Paul Mathias** : *Cycle évolutif d'un Trématode de la famille des Allocreadiidae Stossich* (Allocreadium angusticolle *Hausmann*). L'œuf donne un miracidium qui pénètre dans une *Neritina fluviatilis* L. et engendre des sporocystes où se forment des cercaires à queue en cloche. A maturité, celles-ci pénètrent dans des *Gammarus pulex* L. ou des *Asellus aquaticus* pour y former des kystes qui évoluent dans l'intestin d'*Anguilla vulgaris* ou de *Cottus gobio*, lorsqu'ils sont avalés par ces Poissons, en *Allocreadium angusticolle* qui pond au bout de quelques jours, et le cycle recommence. — M. **Henri Schwab** : *Modifications apportées à l'action hyperglycémiante de l'adrénaline, par addition de sels de zinc*. Sous l'influence du zinc les effets hyperglycémiants de l'adrénaline sont à la fois prolongés et renforcés et leur maximum d'intensité est atteint plus tardivement. L'effet qu'exerce le zinc sur la durée des effets de l'insuline s'observe également d'une manière des plus nettes avec l'adrénaline, c'est-à-dire avec l'hormone qui, au point de vue de la régulation glycémiante est l'antagoniste de l'insuline. L'action produite par le zinc ne semble donc pas dépendre d'une combinaison du métal avec les deux hormones envisagées; elle résulterait plutôt d'une action s'exerçant sur le substratum cellulaire et consistant vraisemblablement en une modification de la structure colloïdale du protoplasma entraînant un changement dans les propriétés fixatrices de ce dernier. — MM. **André Lwoff** et **Hisatake Dusi** : *La pyrimidine et le thiazol, facteurs de croissance pour le Flagellé* Polytomella caeca. L'addition d'aneurine synthétique à un milieu où *P. caeca* se développe très lentement permet d'obtenir, en trois jours, des cultures renfermant plus de 700 Flagellés par $m^3$. L'aneurine est encore très active à une dilution de $N \times 10^{-9}$. Elle ne peut être remplacée ni par le thiazol, ni par la pyrimidine. Mais les deux corps ajoutés ensemble au milieu de culture permettent un développement aussi abondant que celui obtenu en présence d'aneurine. Aux deux facteurs de croissance connus pour les Protozoaires l'hématine, indispensable à certains Trymanosomides et le cholestérol, indispensable à *Trichomonas columbae* viennent donc s'ajouter les deux constituants de l'aneurine (vitamine $B_1$). *P. caeca* a donc perdu le pouvoir de réaliser la synthèse de la pyrimidine et du thiazol, et d'un ou plusieurs autres facteurs de croissance présents sous forme d'impureté dans l'asparagine naturelle non purifiée.

*Séance du 18 Octobre 1937.*

M. **M. Delépine** lit une notice nécrologique sur M. **J.-B. Senderens**, correspondant dans la Section de Chimie.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **K. Yano** : *Sur le changement des coefficients d'une connexion projective.* — M. **G. Tzitzeica** : *Sur certaines courbes quadratiques et sur le déplacement à un paramètre.* — M. **D. Wolkowitsch** : *Sur le conoïde de Plucker.* — M. **R. Harmegnies** : *Sur la torsion des courbes tracées sur une surface.* — M. **E. Vessiot** : *Sur les équations aux dérivées partielles du second ordre, $F(x, y, z, p, q, r, s, t) = 0$, intégrables par la méthode de Darboux.* — M. **J. Delsarte** : *Sur une transformation fonctionnelle relative à la théorie des fonctions harmoniques.* — M. **J. Ellsworth** : *Changements rapides dans la queue de la comète Finsler 1937 f.* La queue secondaire, détachée de la comète, s'éloigne rapidement de celle-ci (à la vitesse de 100 km. par seconde. — MM. **L. Bergeron** et **J. Béthenod** : *Sur le tourniquet hydraulique.* A l'aide d'un appareil très simple, constitué par un réservoir cylindrique vertical muni à sa partie inférieure de deux tubulures horizontales coudées en sens inverse, et suspendu à un fil, les auteurs ont réalisé certaines expériences assez paradoxales à première vue. — M. **L. Escande** : *Théorie de l'écoulement par une vanne de fond.*

*Le Gérant* : Gaston DOIN.

Sté Gle d'Imp. et d'Éd., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 11-37.